

**TUGAS AKHIR**

**IDENTIFIKASI TIMBULAN DAN JENIS LIMBAH  
ELEKTRONIK DI FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**ABDURRAHMAN FADHIL SAPUTRA  
16513125**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2023**

**TUGAS AKHIR**  
**IDENTIFIKASI TIMBULAN DAN JENIS LIMBAH**  
**ELEKTRONIK DI FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



**Disusun Oleh:**  
**Abdurrahman Fadhil Saputra**  
**16513125**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing

**Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.**

**NIK : 165131305**

**Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.**

**NIK : 155131313**



Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

**Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res Eng.), Ph.D.**

**NIK : 045130401**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**IDENTIFIKASI TIMBULAN DAN JENIS LIMBAH  
ELEKTRONIK DI FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Kamis**

**Tanggal : 11 Januari 2024**

**Disusun oleh:**

**ABDURRAHMAN FADHIL SAPUTRA**

**16513125**

**Tim Penguji:**

**Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.**

(  )

**Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.**

(  ) 12/1/24

**Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.**

(  )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah hasil asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 13 November 2023

Yang membuat pernyataan,



**Abdurrahman Fadhil Saputra**

NIM : 16513125

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir dengan judul **Identifikasi Timbulan dan Jenis Limbah Elektronik di Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia** merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik dalam Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapat banyak dukungan, bimbingan, bantuan serta inspirasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu izinkan penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga besar yang mendoakan yang terbaik bagi penulis serta memberikan dukungan kepada penulis baik materiil maupun non-materiil.
2. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
3. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing
4. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dan dosen pembimbing akademik
5. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia angkatan 2016 yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bang Tomy dan Mas Nugroho yang telah membantu dan menginspirasi saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Beberapa pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis telah menyusun tugas akhir ini dilakukan semaksimal mungkin. Meskipun begitu, penulis sebagaimana seorang manusia tidak pernah luput dari kesalahan. Maka perlunya kritik dan saran agar penulis dapat memperbaiki kesalahan yang telah dibuat serta menjadi lebih baik ke depannya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis sendiri serta para pembaca. Terima Kasih.

Yogyakarta, 13 November 2023

**Abdurrahman Fadhil Saputra**

## ABSTRAK

*Pertumbuhan teknologi yang semakin cepat menyebabkan kegiatan manusia tidak luput dari bantuan teknologi. Salah satu bentuk pertumbuhan teknologi adalah banyaknya produk-produk alat elektronik yang dapat membantu kegiatan manusia. Penggunaan alat elektronik yang tinggi ini diikuti oleh pertumbuhan penduduk yang tinggi yang menyebabkan jumlah alat elektronik yang semakin banyak sehingga menimbulkan timbulan limbah elektronik yang tinggi. Penelitian ini akan membahas mengenai limbah elektronik di sektor pendidikan yakni di lingkungan Fakultas Teknik Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar timbulan serta jenis limbah elektronik yang dihasilkan serta bagaimana pengelolaannya terhadap limbah elektronik tersebut. Analisis yang digunakan adalah analisis data kuantitatif terhadap jumlah timbulan limbah elektronik beserta komposisi yang terkandung di dalam limbah elektronik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah elektronik yang dihasilkan di lingkungan FTI merupakan alat elektronik yang digunakan untuk menunjang kegiatan pembelajaran di kelas seperti Air Conditioner, Monitor, CPU, Printer, UPS serta Televisi. Didapatkan hasil jumlah limbah elektronik terbanyak dihasilkan oleh CPU sebesar 20 unit. Pengelolaan limbah elektronik yang dilakukan oleh FTI menyangkut kegiatan pengumpulan, penyimpanan serta pemanfaatan kembali.*

**Kata Kunci :** *Limbah elektronik, timbulan, pengelolaan.*

## ABSTRACT

*The rapid growth of technology causes human activities can not be separated from the help of technology. One example of technological growth is the number of electronic products that can help human activities is increasing. The high use of electronic devices is followed by high population growth which causes the number of electronic devices more, causing high electronic waste generation. This research will discuss electronic waste in the education sector, namely within the Faculty of Industrial Engineering (FTI) of the Islamic University of Indonesia. This study aims to determine how large the generation and types of electronic waste produced and how the management of electronic waste. The analysis used is the analysis of quantitative data on the amount of electronic waste generation and the composition contained in electronic waste. The results showed that electronic waste generated in the FTI environment is an electronic device used to support learning activities in the classroom such as Air conditioners, monitors, CPUs, printers, UPS and televisions. Obtained results of the largest amount of electronic waste generated by the CPU by 20 units. Electronic waste management carried out by FTI involves collection, storage and reuse activities.*

**Kata Kunci :** *Electronic waste, waste generation, management.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Limbah Berbahaya dan Beracun .....	5
2.1.1. Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	5
2.1.2. Karakteristik dan Jenis Limbah B3.....	5
2.2. Limbah Elektronik.....	7
2.2.1. Definisi Limbah Elektronik .....	7
2.2.2. Klasifikasi limbah elektronik.....	7
2.2.3. Data Timbulan Limbah Elektronik Global .....	8
2.3. Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun.....	10
2.3.1. Pengertian pengelolaan limbah B3 .....	10
2.3.2. Cara pengelolaan limbah B3 .....	11
2.3.3. Dampak limbah B3 .....	12
2.4. Pengelolaan Limbah Elektronik .....	12
2.4.1. Kandungan zat yang ada dalam limbah elektronik .....	12
2.4.2. Dampak dari limbah elektronik .....	13



2.4.3. Aplikasi pengelolaan limbah elektronik (Studi Kasus Pengelolaan Limbah Elektronik di Taiwan) .....	14
BAB III METODE PENELITIAN .....	16
3.1. Kerangka Penelitian .....	16
3.2. Waktu dan Lokasi.....	17
3.3. Alat dan Bahan .....	18
3.4. Prosedur Analisis Data .....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	19
4.2. Identifikasi Limbah Elektronik .....	20
4.2.1. Identifikasi Jenis Limbah Elektronik .....	20
4.2.2. Komposisi Limbah Elektronik.....	23
4.3. Manajemen Pengelolaan Limbah Elektronik .....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	32
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA .....	34

## DAFTAR TABEL

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan teknologi di zaman sekarang ini menimbulkan kegiatan manusia hampir tidak pernah lepas dari keberadaan teknologi tersebut. Pada Tahun 2012, industri barang logam, komputer, barang elektronik, optik dan peralatan listrik mengalami pertumbuhan yang sangat tinggi, yaitu 11,65 persen, dan 9,22 persen pada Tahun 2013 (Kemenperin RI, 2021). Selain itu, tingginya pertumbuhan teknologi di Indonesia juga ditandai dengan kontribusi PDB dari sektor industri ini dengan menempati nomor 3 terbesar pada PDB Industri non migas (Kemenperin RI, 2021). Teknologi yang ada cukup membantu kegiatan manusia sehari-harinya. Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang tinggi, tentunya pemakaian perangkat teknologi juga akan tinggi. Berdasarkan hasil survei *eCommerce* yang dilakukan oleh BPS pada Tahun 2021, barang elektronik memiliki persentase penjualan sebesar 2,1 persen (BPS, 2022). Teknologi yang ada tidak termakan oleh waktu, artinya setiap waktu setiap perusahaan berusaha memunculkan inovasi terbaru agar masyarakat tertarik dengan produk teknologi tersebut. Akibatnya seiring berjalannya waktu, perangkat teknologi yang diproduksi semakin tinggi, sehingga perangkat teknologi yang lampau tidak mampu melampaui umur hidup perangkat tersebut. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah lingkungan, yaitu limbah. Perangkat-perangkat teknologi yang usang atau sudah lama disebut dengan limbah elektronik (Shahabuddin et al., 2023).

Limbah elektronik pada umumnya dapat dijelaskan sebagai sampah yang berasal dari seluruh komponen dan barang-barang peralatan elektronik dan listrik yang dibuang tanpa adanya niat untuk digunakan kembali (Baldé et al., 2016; Mary & Meenambal, 2016). Limbah elektronik mencakup beragam jenis perangkat elektronik, seperti peralatan telekomunikasi dan teknologi informasi, barang rumah tangga besar, peralatan penerangan, mesin penjual otomatis, perangkat medis, perangkat pemantauan dan pengendalian, serta elektronik konsumen, termasuk alat elektronik dan listrik, peralatan olahraga dan rekreasi, mainan, ponsel, dan komputer (Chen et al., 2015; Huang et al., 2014). Timbulan yang muncul dari limbah elektronik semakin besar seiring berjalannya waktu. Pada Tahun 2019, total limbah elektronik secara global tercatat 53,6 juta ton, meningkat 21 persen sejak Tahun 2015 (Statista, 2020; Tiseo, 2021). Sampah elektronik merupakan jenis sampah dengan pertumbuhan tercepat dari segi kuantitasnya maupun segi toksisitasnya. Pada Tahun 2019, sekitar 83,0% limbah

elektronik yang dihasilkan diseluruh dunia tidak terdokumentasi, dengan kemungkinan dibakar secara terbuka atau dibuang secara ilegal (Baldé et al., 2016; Statista, 2020).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya, limbah elektronik digolongkan ke dalam jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Hal ini dikarenakan adanya material-material toksik yang terdapat dalam setiap perangkat elektronik. Material toksik yang dimaksud seperti logam berat serta senyawa yang berbahaya bagi kesehatan manusia seperti bersifat karsinogenik yang dapat memicu penyakit kanker (Berniyanti, 2020). Oleh karena itu, pengelolaan limbah elektronik perlu menjadi perhatian.

Pengelolaan limbah elektronik di Indonesia masih sangat terbatas. Selain itu, kesadaran masyarakat terhadap masalah limbah elektronik juga masih rendah. Pengelolaan limbah B3 sendiri sudah diatur Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Adapun Kelemahan kedua aturan tersebut yaitu belum menjabarkan informasi mengenai limbah elektronik. Munculnya Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik, limbah elektronik telah dijabarkan di peraturan ini, meskipun pada peraturan ini hanya membahas tentang teknis pengelolaannya secara garis besar. Mengacu pada negara-negara maju, pengelolaan limbah elektronik sudah memiliki regulasi khusus serta memiliki penggolongannya setiap limbah elektroniknya sendiri (Setyanto & Trihadiningrum, 2017).

Universitas Islam Indonesia yang merupakan salah satu universitas swasta di Provinsi D.I. Yogyakarta, yang juga berperan dalam menghasilkan limbah elektronik di lingkungan kampus. Sebagai sebuah lembaga pendidikan, tentu memiliki sarana dan prasarana yang mendukung mekanisme pembelajaran bagi mahasiswa dan dosen. Salah satu bentuk sarana dan prasarana adalah alat-alat elektronik yang dipakai. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan alat elektronik sebagai sarana dan prasarana di sektor pendidikan merupakan salah satu bentuk tuntutan dalam hal pendidikan agar dapat bersaing di era teknologi saat ini. Namun limbah elektronik yang dihasilkan akan menjadi masalah apabila disimpan dalam jangka waktu yang lama, tanpa dikelola dan diolah lebih lanjut. Selain itu, masa pakai alat elektronik yang cenderung pendek juga mempercepat volume timbulan sampah elektronik yang dihasilkan (Purnomo, 2021).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang “Identifikasi Timbulan dan Jenis Limbah Elektronik di Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka disusun rumusan masalah dalam penelitian ini, antara lain yaitu:

1. Apa saja jenis limbah elektronik yang terdapat di lingkungan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia dan berapa banyak timbulan limbah elektronik yang dihasilkan?
2. Bagaimana metode pengelolaan limbah elektronik yang dilakukan oleh pihak Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan yang ingin dicapai pada pada penelitian ini antara lain yaitu:

1. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis jenis limbah elektronik serta jumlah timbulan limbah elektronik yang dihasilkan pada Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Untuk menganalisis metode pengelolaan limbah elektronik yang diterapkan oleh pihak Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian diatas, maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara teoritis, penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman tentang karakteristik limbah yang terdapat pada Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia melalui informasi mengenai jenis limbah elektronik yang terdapat pada objek penelitian. Temuan dari penelitian ini akan memberikan informasi baru yang dapat digunakan untuk memperkaya literatur ilmiah dibidang pengelolaan limbah elektronik.
2. Secara praktis, penelitian ini akan memberikan panduan konkret tentang jenis-jenis dan jumlah timbulan limbah elektronik yang dihasilkan oleh Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, sehingga informasi yang disajikan dapat membantu dalam merancang strategi pengelolaan limbah yang lebih efektif.
3. Secara kebijakan, hasil penelitian ini dapat memberikan basis data empiris bagi pengembangan kebijakan lingkungan terkait pengelolaan limbah elektronik di

lingkungan fakultas maupun universitas. Hal ini dapat memudahkan dalam merumuskan langkah-langkah konkret untuk mengurangi dampak lingkungan dari limbah elektronik.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini yaitu :

1. Lokasi penelitian berada di wilayah Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Pedoman yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik.
3. Limbah elektronik yang akan diidentifikasi hanya limbah elektronik yang berasal dari sarana dan prasarana pendukung perkuliahan pada Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Limbah Berbahaya dan Beracun**

##### **2.1.1. Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun**

Limbah merujuk pada sesuatu yang telah kehilangan kegunaannya, tidak lagi digunakan, atau tidak diinginkan, serta biasanya dibuang. limbah timbul dari suatu usaha atau aktivitas manusia dan tidak muncul secara alami (Pemerintah Republik Indonesia, 2021; Sumantri, 2010). Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan istilah yang digunakan untuk menyebutkan zat, energi, atau unsur lain yang mampu mengkontaminasi atau merusak lingkungan, serta memiliki potensi membahayakan kesehatan manusia dan kelangsungan hidup makhluk hidup lain, baik karena karakteristik, konsentrasi, atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung (Bapedal, 2014). Sementara itu, sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang memiliki kandungan B3 disebut sebagai limbah B3 (Kurniawan, 2019). Lebih lanjut, Nursabrina et al. (2021), menjelaskan limbah B3 sebagai hasil sisa dari berbagai kegiatan produksi, yang dalam segi jenisnya, konsentrasinya, dan jumlahnya, mengandung elemen yang bersifat berbahaya dan beracun. Kandungan tersebut dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan membawa potensi risiko bagi kesehatan. Karakteristik Limbah B3 sangatlah berbeda dari limbah konvensional, khususnya dalam hal ciri-cirinya yang seringkali berfluktuasi.

##### **2.1.2. Karakteristik dan Jenis Limbah B3**

Suatu limbah digolongkan sebagai limbah berbahaya dan beracun jika memiliki sifat dan karakteristik antara lain itu (Sandra et al., 2022):

- Mudah Meledak

Limbah yang mudah meledak atau explosive adalah limbah yang saat suhu dan tekanan standar dapat meledak. Hal ini dikarenakan limbah tersebut dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi melalui reaksi fisika atau kimia sederhana.

- Reaktif  
Karakteristik limbah B3 lainnya adalah sampah anorganik berbahaya yang dapat melepaskan panas karena teroksidasi. Limbah ini dapat menimbulkan api ketika bereaksi dengan bahan lain.
- Mudah Menyala  
Limbah B3 juga memiliki karakteristik mudah menyala atau *flammable*. Limbah ini adalah sampah yang berbahaya yang mudah terbakar karena kontak dengan udara, nyala api, air, atau bahan lain walaupun pada suhu dan tekanan standar.
- Beracun  
Limbah beracun merupakan limbah yang mengandung zat beracun bagi makhluk hidup. Limbah ini dapat menyebabkan keracunan, sakit, bahkan kematian jika terjadi kontak pernapasan, kulit, dan mulut.
- Korosif  
Limbah memiliki sifat korosif, dengan ciri yang dapat menyebabkan iritasi kulit, karat pada baja, memiliki  $\text{pH} \geq 2$  (jika bersifat asam), dan  $\geq 12,5$  (jika bersifat basa).
- Bersifat infeksius  
Limbah yang bersifat karsinogenik adalah limbah yang bisa menyebabkan munculnya kanker. Limbah teratogenik merupakan limbah yang dapat mempengaruhi pembentukan embrio. Sementara itu, limbah mutagenik yaitu limbah yang menyebabkan perubahan kromosom.

Limbah B3 dapat dihasilkan baik berasal dari kegiatan rumah tangga ataupun kegiatan industri. Menurut sumbernya, limbah B3 dapat dibedakan menjadi 3 jenis (Damanhuri & Padmi, 2010; Malayadi, 2017; Mustaghits, 2023; Rais, 2023), di antaranya :

- a. Limbah B3 sumber tidak spesifik, yaitu limbah B3 yang berasal bukan dari proses utama suatu kegiatan produksi, seperti kegiatan pemeliharaan alat, pencucian alat, pengemasan, dan sebagainya
- b. Limbah B3 sumber spesifik, yaitu limbah B3 yang berasal dari kegiatan produksi kemudian menghasilkan sisa proses dari kegiatan produksi itu sendiri. Contohnya adalah dalam industri pupuk, menghasilkan sisa zat amonia dan fosforus dalam proses produksi pupuknya.
- c. Limbah B3 dari B3 kedaluwarsa, B3 yang tumpah, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk yang akan dibuang, dan bekas kemasan B3



Limbah B3 dapat diklasifikasikan berdasarkan kategori bahayanya, di antaranya limbah B3 kategori 1, kategori 2 dan kategori limbah non B3. Diperlukan uji laboratorium untuk menentukan tingkat kategori bahaya dari suatu limbah.

## **2.2. Limbah Elektronik**

### **2.2.1. Definisi Limbah Elektronik**

Saat ini, belum terdapat definisi baku limbah elektronik secara global, dan definisi tersebut di berbagai negara atau wilayah masih sangat bervariasi (A. Kumar et al., 2017). OECD mendefinisikan setiap perangkat listrik yang telah mencapai siklus akhir penggunaannya sebagai limbah elektronik (Suja et al., 2014). *United States Environmental Protection Agency* menjelaskan bahwa limbah elektronik mencakup perangkat listrik dalam jumlah besar, perangkat listrik kecil, dan produk elektronik konsumen (Kahhat et al., 2008). Secara global, definisi limbah elektronik yang paling banyak digunakan adalah definisi yang dikemukakan oleh *Europe's Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive*, yang mendefinisikan limbah elektronik sebagai limbah peralatan listrik dan elektronik, termasuk semua bagian, dan bahan habis pakai yang digunakan sebagai produk ketika dibuang (Liu et al., 2023; Shittu et al., 2021).

Limbah elektronik merupakan limbah yang berasal dari semua komponen dan barang peralatan elektronik dan listrik yang dibuang tanpa tujuan untuk digunakan kembali (Baldé et al., 2017; Shahabuddin et al., 2023). Di berbagai belahan dunia, limbah elektronik dikenal sebagai limbah peralatan elektronik dan listrik (*waste electrical and electronic equipment/WEEE*) (Mary & Meenambal, 2016). Limbah elektronik atau dengan kata lain *electronic waste (e-waste)* merupakan barang atau alat elektronik yang sudah tidak dipakai kemudian dibuang, baik dalam kondisi rusak ataupun tidak rusak. Definisi lain menyatakan bahwa limbah elektronik adalah barang-barang atau alat-alat elektronik yang sudah memasuki masa akhir pakai dan siap digantikan dengan barang baru yang lebih canggih dan berkualitas (Pasha, 2015).

### **2.2.2. Klasifikasi limbah elektronik**

Menurut *Directive 2012/19/EU* yang tercantum di *Global E-waste Monitor 2020* (Forti et al., 2020), klasifikasi limbah elektronik berdasarkan fungsi alat elektronik, serta

komposisi material dari alat elektronik tersebut. limbah elektronik atau *e-waste* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Alat pengubah temperatur. Umumnya alat yang dipakai digunakan sebagai pendingin dan penghangat, seperti kulkas, *air conditioner*, dan sebagainya.
- b. Sejenis layar dan monitor. Contoh alat yang dimaksud di antaranya televisi, monitor, laptop, dan sebagainya
- c. Lampu. Alat yang digunakan sebagai penerangan, contohnya lampu, lampu LED dan sebagainya
- d. Alat atau peralatan besar. Alat yang dimaksud seperti mesin cuci, pengering pakaian, kompor gas, alat pencetak besar, dan sebagainya
- e. Alat atau peralatan kecil. Alat yang dimaksud seperti *vacuum cleaners*, oven, kalkulator, radio, video kamera, dan perangkat elektronik kecil lainnya.
- f. Peralatan teknologi dan telekomunikasi, seperti telepon seluler, komputer, printer, telepon dan sebagainya.

### **2.2.3. Data Timbulan Limbah Elektronik Global**

Menurut *The Global E-Waste Monitor (2020)*, secara global pada Tahun 2019, jumlah limbah elektronik yang dihasilkan adalah sekitar 53,6 juta ton atau sekitar 7,3 kg per kapita. Jumlah timbulan limbah elektronik global diprediksi meningkat hampir 2 juta ton metrik setiap tahunnya, dan diperkirakan limbah elektronik yang dihasilkan akan melewati 74 juta ton pada Tahun 2030.

Pada Tahun 2019, jumlah koleksi dan daur ulang limbah elektronik yang terdokumentasi secara resmi mencapai 9,3 juta ton, setara dengan 17,4 persen dari total limbah elektronik yang dihasilkan. Artinya, 82,6 persen limbah elektronik yang dihasilkan pada Tahun 2019 tidak diketahui bagaimana proses pengelolannya. Dibandingkan Tahun 2014, jumlah timbulan sampah telah meningkat 1,8 juta ton metrik, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan mencapai 0,4 juta ton metrik. Akan tetapi, total produksi limbah elektronik justru meningkat sebesar 9,2 juta ton, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan mencapai 2 juta ton (Forti et al., 2020). Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan dan kegiatan daur ulang saat ini belum mampu mengikuti pertumbuhan limbah elektronik secara global dengan baik.

Berdasarkan status limbah elektronik di Asia pada Tahun 2019, negara-negara di benua Asia menghasilkan limbah elektronik sebanyak 24,9 juta ton, atau sekitar 5,6 kg

per kapita. Angka ini lebih kecil dibandingkan rata-rata global. Dari jumlah tersebut, hanya 2,9 juta ton metrik atau 11,7 persen limbah elektronik yang pengelolaan dan daur ulangnya terdokumentasi dengan baik, sementara 88,3 persen lainnya tidak diketahui pengelolaannya. Selain itu, dari 46 negara di Asia, hanya 17 negara yang memiliki kebijakan dan aturan terkait limbah elektronik secara nasional (Forti et al., 2020).

Merujuk pada data setiap sub-wilayah negara-negara Asia, Asia Barat menghasilkan 2,6 juta ton limbah elektronik, dan Turki menjadi negara penyumbang limbah elektronik terbesar di kawasan tersebut, yaitu sebanyak 847 kilo ton. Asia Tengah menyumbang hanya 0,2 juta ton, dengan Kazakhtan sebagai negara dengan limbah elektronik terbanyak yaitu 172 kilo ton. Selain itu, Asia Timur menghasilkan limbah elektronik terbesar dibandingkan kawasan lain, yaitu 13,7 juta ton, dan China sebagai negara penyumbang limbah elektronik terbesar, yaitu 10.129 kilo ton. Di kawasan Asia Selatan, jumlah limbah elektronik yang dihasilkan sebanyak 4,8 juta ton, dan India menjadi negara penyumbang terbesar di kawasan tersebut, yaitu sebesar 3.230 kilo ton. Sementara itu, di kawasan Asia Tenggara, jumlah limbah elektronik yang dihasilkan sebanyak 3,5 juta ton, dan Indonesia menjadi negara penghasil limbah elektronik terbesar di kawasan ini, yaitu sebesar 1.618 kilo ton (Forti et al., 2020). Meskipun Indonesia merupakan negara dengan jumlah populasi terbanyak ketiga setelah China dan India, namun Indonesia menempati posisi penghasil limbah elektronik tertinggi keempat di Asia, setelah China, India, dan Jepang.

#### **2.2.4. Data timbulan limbah elektronik di Indonesia**

Indonesia merupakan negara terpadat ketiga di Asia, dan keempat di Dunia (World Bank, 2023). Indonesia juga merupakan negara kepulauan yang terdiri dari 17.508 pulau yang tersebar di atas 1,9 juta kilometer persegi dan dihuni hampir 300 juta penduduk yang tersebar di lima pulau utama (BPS, 2023). Indonesia diprediksi menjadi negara dengan ekonomi terbesar kelima di dunia pada Tahun 2050, yang sebagian besar didorong oleh pertumbuhan konsumsi rumah tangga domestik (PWC, 2016). Saat ini, Indonesia merupakan salah satu konsumen elektronik terbesar di dunia (Statista, 2020). Oleh karena itu, tingkat timbulan limbah elektronik di Indonesia diprediksi terus bertambah secara signifikan.

Berdasarkan data *The Global E-Waste Monitor* (2020), Pada Tahun 2019, Indonesia menghasilkan 1.618 Kt limbah elektronik. Menurut Santoso dikutip dalam

Amalia et al., (2021), saat ini Indonesia menghasilkan 1,8 juta ton limbah elektronik setiap tahunnya, dan mendaur ulang sebanyak 0,1 juta ton. Peningkatan volume limbah elektronik di Indonesia diprediksi sebesar 14,91 persen setiap tahunnya dari Tahun 2020 hingga Tahun 2028.

Penelitian yang dilakukan oleh Santoso et al., (2019), mengestimasi jumlah timbulan limbah elektronik yang dihasilkan di Indonesia, dengan menggunakan Model Keseimbangan Populasi (*Population Balance Model*). Jumlah limbah elektronik yang berasal dari kategori produk pasar jenuh diperkirakan akan mencapai 8.845.502 unit atau sekitar 483.337,87 ton pada tahun 2028. Total limbah elektronik dari pasar non-jenuh diperkirakan akan mencapai 40.782.415 unit (82,18 persen dari total limbah elektronik yang dihasilkan di Indonesia) atau sekitar 4.078,24 ton pada tahun 2028. Secara keseluruhan, jumlah limbah elektronik yang dihasilkan dalam aliran limbah elektronik Indonesia diperkirakan akan mencapai 49.627.917 unit pada tahun 2028, yaitu sekitar 487.416 ton. Telepon seluler menjadi produk yang paling banyak dibuang di Indonesia berdasarkan jumlahnya.

## **2.3. Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun**

### **2.3.1. Pengertian pengelolaan limbah B3**

Pengelolaan mengacu pada serangkaian tindakan, keputusan, dan proses yang direncanakan dan dijalankan untuk mengelola atau mengatur sesuatu dengan cara yang efektif, efisien, dan berkelanjutan (Darsana & Sukaarnawa, 2023; Drucker, 2020; Eriyanto, 2013; Nasir et al., 2016; Palmié et al., 2023; Schermerhorn Jr & Bachrach, 2023). Dalam konteks yang berbeda, pengelolaan dapat merujuk pada pengaturan, pengawasan, serta penerapan strategi dan kebijakan untuk mencapai tujuan tertentu dalam suatu sistem atau lingkungan.

Sementara itu, Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) merujuk pada jenis limbah yang mengandung bahan-bahan yang memiliki potensi berbahaya dan beracun bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Fajriyah & Wardhani, 2020; Malayadi, 2017; Mustaghits, 2023; Nursabrina et al., 2021; Rais, 2023; Siddik & Wardhani, 2020). Limbah B3 biasanya mencakup zat-zat yang memiliki sifat racun, korosif, reaktif, atau bersifat berbahaya lainnya.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pengelolaan

Limbah B3 merupakan kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan (Pemerintah Republik Indonesia, 2009). Setiap orang yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan pengelolaan Limbah B3.

Berdasarkan beberapa definisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pengelolaan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) adalah serangkaian tindakan dan proses yang dirancang untuk mengendalikan, mengelola, dan membuang limbah yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun dengan aman dan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Tujuan dari pengelolaan limbah B3 adalah untuk melindungi lingkungan hidup, mencegah pencemaran dan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, serta menjaga keberlanjutan lingkungan.

### **2.3.2. Cara pengelolaan limbah B3**

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam pengelolaan limbah B3 di antaranya :

- a. Pengurangan limbah B3, merupakan kegiatan untuk mengurangi jumlah dan/atau mengurangi sifat bahaya dan/atau racun dari limbah B3 sebelum dihasilkan dari suatu usaha atau kegiatan.
- b. Penyimpanan limbah B3, merupakan kegiatan menyimpan limbah B3 yang dilakukan oleh penghasil limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara limbah B3 yang dihasilkannya.
- c. Pengumpulan limbah B3, merupakan kegiatan untuk mengumpulkan limbah B3 dari penghasil limbah B3 sebelum diserahkan kepada pemanfaat limbah B3, pengolah limbah B3, dan/atau penimbun limbah B3.
- d. Pemanfaatan limbah B3, merupakan kegiatan penggunaan kembali, daur ulang, dan/atau perolehan kembali yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi produk yang dapat digunakan kembali, substitusi bahan baku, bahan penolong, dan/atau bahan bakar yang aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup.
- e. Penimbunan limbah B3, merupakan kegiatan menempatkan limbah B3 pada fasilitas penimbunan dengan maksud tidak membahayakan baik bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup

### 2.3.3. Dampak limbah B3

Limbah B3 perlu ditangani secara khusus. Kasus pencemaran limbah B3 yang dibiarkan secara berlarut-larut dapat menimbulkan masalah lingkungan yang baru (Ahirwar & Tripathi, 2021). Dampak serius pada kesehatan masyarakat akibat paparan limbah industri B3 telah terbukti dalam kasus Minamata dan Itai-Itai di Jepang. Penyakit Minamata yang disebabkan oleh kontaminasi Merkuri (Hg) memiliki potensi merusak pusat saraf, mengakibatkan gangguan gerakan anggota tubuh bagi pasien. Di sisi lain, penyakit Itai-Itai muncul karena paparan logam (Cd) yang terakumulasi di hati dan ginjal, mengakibatkan luka pada organ-organ tersebut (Domingo et al., 2020). Oleh karena itu, pentingnya pengolahan standar limbah sebelum dibuang ke lingkungan menjadi sangat menonjol.

Limbah B3 memberikan dampak yang merugikan pada kesehatan masyarakat melalui dua cara, yaitu secara langsung (melalui kejadian seperti ledakan, kebakaran, zat korosif, dan reagen) serta tidak langsung (melalui efek toksik akut dan kronis). Limbah berbahaya jenis B3 masuk ke dalam lingkungan melalui berbagai media, termasuk air, tanah, udara, dan makhluk hidup lainnya (biota), dengan pengaruh yang terjadi secara berkesinambungan maupun tidak, serta bisa bersifat progresif atau seketika. Proses ini dapat meracuni organisme melalui mekanisme organik dan terjadi melalui paparan yang dialami oleh makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan, dan manusia. Efek residu dari limbah berbahaya jenis B3 menjadi sangat signifikan pada bagian tubuh manusia yang memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap dampaknya, seperti ginjal dan jantung, tulang, otak dan sistem saraf, liver, paru-paru, dan mata (Alabi et al., 2019).

## 2.4. Pengelolaan Limbah Elektronik

### 2.4.1. Kandungan zat yang ada dalam limbah elektronik

Komponen elektronik mengandung berbagai unsur berbahaya dan bahan beracun yang berpotensi mencemari lingkungan maupun kesehatan manusia. Oleh karena itu, jika pengelolaan tidak sesuai, dapat menimbulkan dampak negatif. Berikut adalah beberapa bahan berbahaya yang terdapat dalam komponen elektronik:

Tabel 2.1. Kandungan Zat pada Limbah Elektronik

No	Komponen Sampah Elektronik	Kandungan Zat / Unsur
1	Kapasitor dan Transformator	<i>Brominated Flame-retardent casing cable,</i> <i>PCB (polychlorinated biphenyls)</i>

2	Plastik	Polivinil Klorida
3	Kabel rumah dari bahan terisolasi lapisan plastik	Bromin
4	CFC	Unit pendingin, Insulasi busa
5	PCB ( <i>Printed Circuit Board</i> ) dan CRT ( <i>Cathode Ray Tube</i> )	<i>Lead, Cadium Beryllium</i>
6	Lampu <i>Flurescent lamps</i> pada pencahayaan latar belakang LCD	Merkuri
7	<i>Motherboard</i> Komputer	Timbal oksida, barium dan kadmium
8	Baterai Komputer	<i>Polychlorinated biphenyls</i> (PCB)
9	<i>Gallium arsenide</i> dalam <i>light emitting diode</i> (LED)	Asenikum
10	Kondenser dan LCD	Zat Beracun Organik

Sumber: Kumar & Singh (2014)

#### 2.4.2. Dampak dari limbah elektronik

Menurut Konvensi Basel Annex VIII, limbah elektronik dianggap sebagai jenis limbah beracun dan berbahaya (B3), atau limbah berbahaya, jika memiliki sifat-sifat tertentu sebagaimana diuraikan dalam Annex III. Dikutip dari Nahor (2019), dampak negatif dari limbah elektronik memengaruhi berbagai aspek lingkungan seperti atmosfer, hidrosfer, litosfer, dan biosfer. Pemanasan Cyber turut berperan dalam meningkatkan efek pemanasan global, yang mengakibatkan kenaikan suhu di permukaan bumi. Sekitar 2% dari total emisi CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke atmosfer berasal dari sektor Teknologi Informasi dan industri komputer. Tempat penyimpanan akhir memiliki potensi menjadi ancaman berbahaya dalam jangka waktu yang panjang. Limbah yang ditempatkan di lokasi pembuangan sampah akan tercuci saat terjadi hujan. Cairan yang berasal dari limbah ini, yang dikenal sebagai lindi, mengandung logam berat dan substansi beracun lainnya yang memiliki potensi mengkontaminasi sumber daya tanah dan air. Racun dapat menyebabkan pencemaran pada tanah dan dapat menjangkau lapisan air tanah, serta merusak kebersihan air tanah. Bahkan tempat pembuangan sampah yang dilengkapi dengan teknologi canggih dan disegel untuk mencegah penyebaran racun ke dalam tanah, tidak selalu dapat mempertahankan keketatannya dalam jangka waktu yang lama. Tempat pembuangan akhir yang lebih tua dan lokasi pembuangan yang tidak terkendali membawa risiko yang jauh lebih besar daripada pelepasan emisi berbahaya, dan potensi

ini bisa berkembang menjadi ancaman serius seiring berjalannya waktu karena peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang berlebihan dalam jangka panjang. Selain itu, produksi gas metana, yang merupakan gas penyebab pemanasan global tambahan, juga terjadi di Tempat Pembuangan Akhir tersebut.

Tidak hanya berbahaya terhadap lingkungan, limbah elektronik yang tidak dikelola secara efektif juga memiliki potensi yang memicu beragam penyakit pada kesehatan manusia, diantaranya kanker, sistem kekebalan tubuh, sistem saraf, ginjal, paru-paru, jantung, hati, otot syaraf pusat, kulit, dan mata (Sadah et al., 2015).

### **2.4.3. Aplikasi pengelolaan limbah elektronik (Studi Kasus Pengelolaan Limbah Elektronik di Taiwan)**

Menerapkan prinsip-prinsip 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Recover*) merupakan cara efektif dalam mengelola limbah elektronik (*E-waste*) dengan efisien (Arya et al., 2023). Anandh et al. (2021) menyatakan bahwa penggunaan kembali peralatan elektronik yang telah tidak terpakai adalah salah satu solusi terbaik pada akhir masa pakai, terkait dengan dampak lingkungan dan manfaat sosial-ekonomi. Melihat ancaman yang semakin meningkat, para penulis menggarisbawahi dan menerapkan pendekatan tinjauan literatur sistematis untuk mengidentifikasi basis pengetahuan yang sudah ada guna menggambarkan tema-tema penting dan baru dalam penilaian penggunaan kembali limbah elektronik.

Menurut Uddin (2012), pengelolaan limbah elektronik yang ramah lingkungan dapat dibagi kedalam tiga tingkatan, yaitu *treatment 1* (dekontaminasi, membongkar mesin, dan pemisahan), *treatment 2* (pengurangan ukuran, *treatment* khusus untuk item tertentu), dan *treatment 3* (pemanfaatan limbah elektronik).

Salah satu negara yang dapat menjadi rujukan dalam pengaplikasian pengelolaan limbah elektronik adalah Taiwan. Pada tahun 1998, Taiwan menyumbang 13% dari total produksi PC global. Jumlah unit instalasi PC yang terkumpul meningkat dari 1,773 juta pada tahun 1995 menjadi 3,545 juta pada tahun 1998, dan unit PC yang dipasang per seribu penduduk di Taiwan juga meningkat dari 83 pada tahun 1995 menjadi 163 pada tahun 1998. Sayangnya, pada tahun 1998, belum ada kegiatan daur ulang resmi untuk komputer bekas di negara tersebut, meskipun diperkirakan sekitar 300.000 PC bekas dihasilkan setiap tahun di negara itu (Nnorom & Osibanjo, 2008). Hal ini disebabkan oleh kurangnya kesadaran konsumen mengenai manajemen akhir masa pakai produk



elektronik yang baik dan insentif ekonomi yang kurang memadai untuk mendorong pembentukan sistem daur ulang komputer bekas.

Pada tahun 1997, program tanggung jawab produsen terkait daur ulang komputer bekas diperkenalkan di Taiwan yang mewajibkan produsen dan importir perangkat komputer untuk melakukan pemulihan dan daur ulang produk mereka sebelum tanggal 1 Maret 1998 (Nnorom & Osibanjo, 2008). Akibatnya, pada bulan Januari 1998, didirikan Yayasan Pengelolaan Komputer Bekas untuk mengelola dan melaksanakan daur ulang komputer bekas di Taiwan. Fungsi utama Yayasan ini adalah:

- Mengusulkan biaya pemrosesan komputer bekas
- mengidentifikasi produsen dan importir komputer yang bertanggung jawab
- Mendirikan sistem pengumpulan biaya pemrosesan komputer bekas
- Membentuk sistem daur ulang komputer bekas
- Memilih fasilitas penyimpanan dan pengolahan untuk daur ulang komputer bekas,
- Mengawasi pihak ketiga untuk mengaudit pekerjaan daur ulang komputer bekas
- memberikan subsidi untuk proyek penelitian terkait daur ulang komputer bekas.

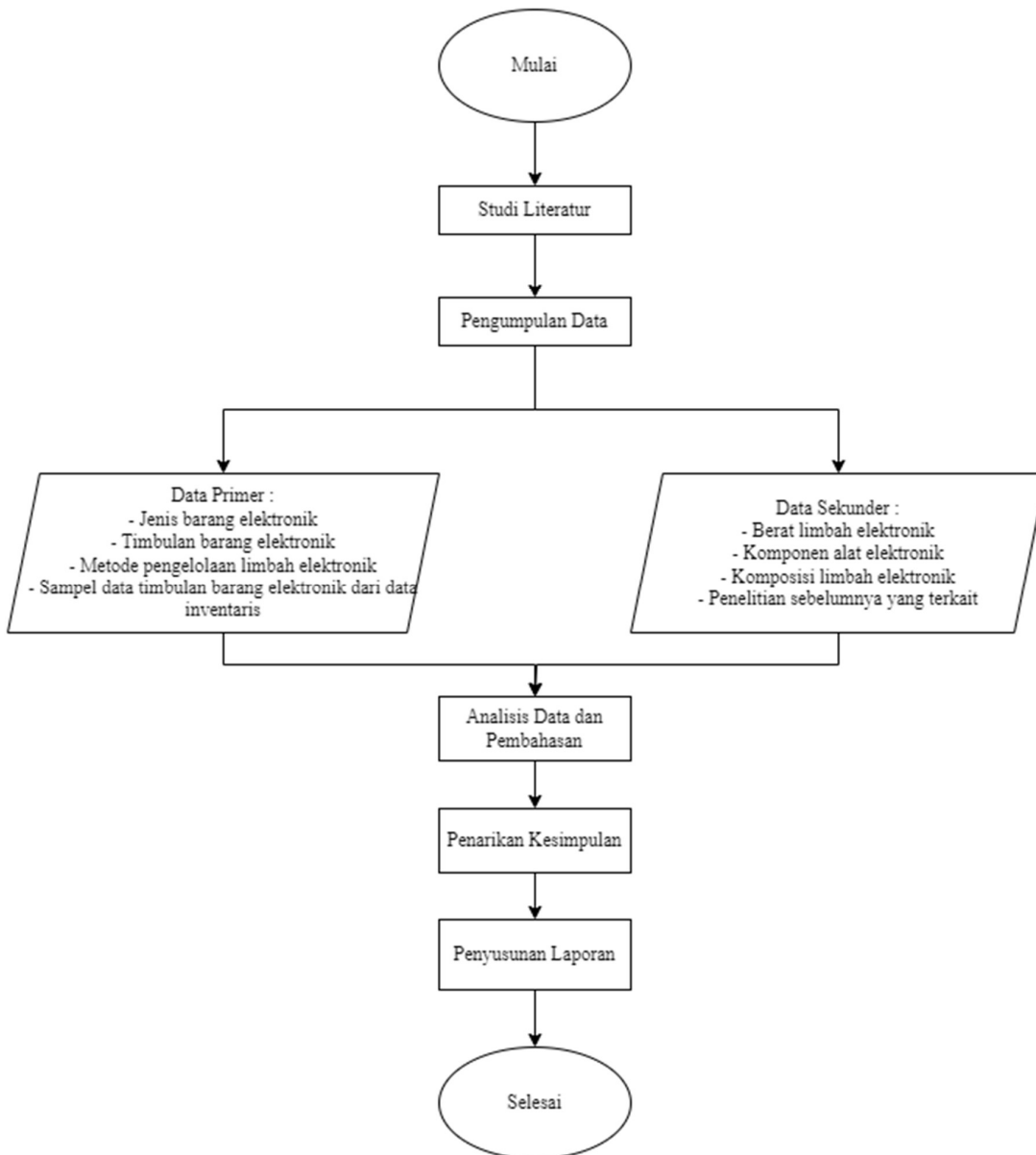
Biaya pemrosesan komputer bekas diperkenalkan dan mulai berlaku pada bulan Juni 1998, dan biaya ini dikumpulkan dari produsen dan importir oleh Yayasan SCM. Yayasan SCM mendorong daur ulang komputer bekas dengan mendorong konsumen untuk membawa komputer bekas mereka ke titik pengumpulan yang ditentukan dengan memberikan imbalan berupa uang. Karena kurangnya fasilitas pengolahan yang memadai dan teknologi daur ulang untuk komputer bekas di Taiwan pada tahun 1998, Yayasan SCM awalnya hanya berfokus pada pengumpulan dan penyimpanan komputer bekas sampai fasilitas pengolahan komputer bekas tersedia. Dengan kerangka kerja ini, antara Juni dan Oktober 1998, sekitar 91.000 unit perangkat komputer PC berhasil dikumpulkan kembali. Di bawah program EPR di Taiwan, tahun-tahun berikutnya menyaksikan pendirian beberapa pabrik daur ulang lokal untuk mengolah dan mendaur ulang komputer bekas (Nnorom & Osibanjo, 2008).

# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis dan timbulan limbah elektronik di Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, serta metode pengelolaan yang dilakukan terhadap limbah elektronik oleh pihak Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah kerangka penelitian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

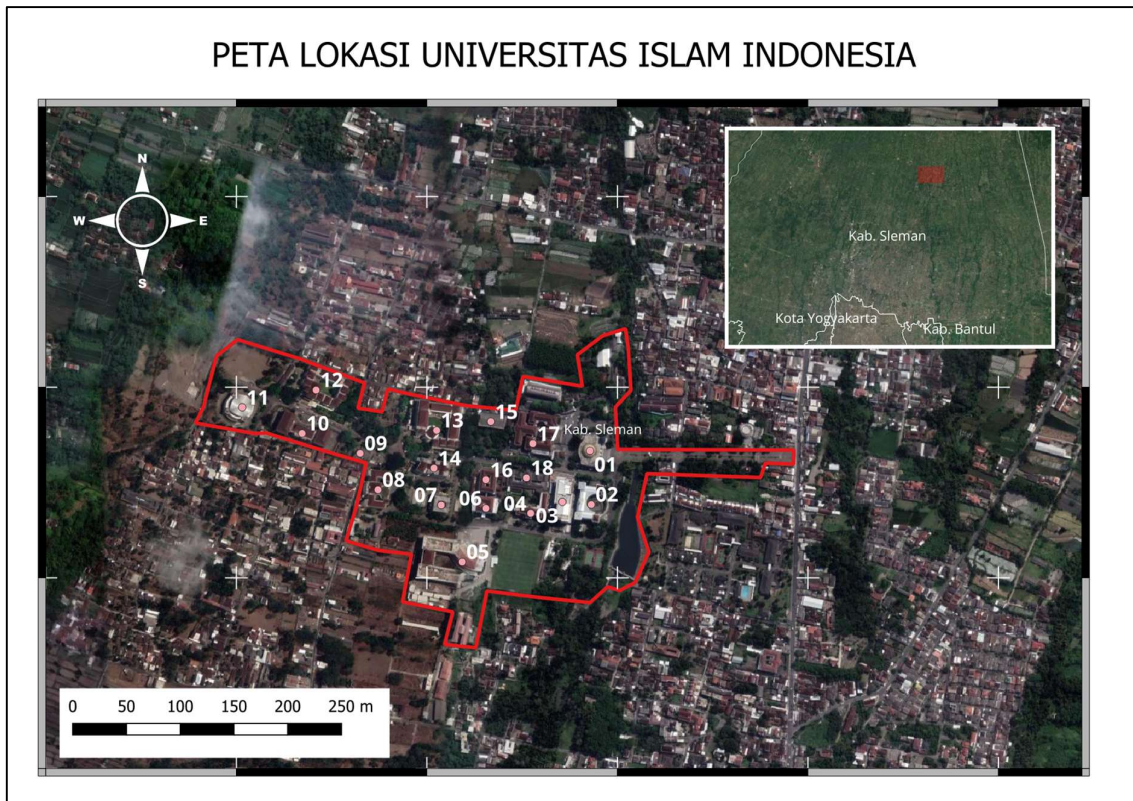


Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini akan dilakukan selama 6 (enam) bulan pada rentang Bulan Juni hingga November 2023. Penyusunan proposal penelitian dilaksanakan pada Bulan Juni – Agustus 2023, pengambilan data dilaksanakan pada Bulan September-Oktober 2023, dan penyusunan bab hasil dilaksanakan pada Bulan Oktober-November 2023.

Objek dalam penelitian ini adalah yaitu limbah elektronik yang dihasilkan di lingkungan Fakultas Teknik Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia. Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian yang dimaksud adalah bangunan Fakultas Teknik Industri UII yang berlokasi di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14,5, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada denah di bawah ini, lokasi yang dimaksud adalah nomor 12.



### 3.3. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh berdasarkan hasil observasi lapangan. Observasi yang dilakukan yaitu mengetahui sistem pengelolaan limbah elektronik yang dilakukan oleh Fakultas Teknik Industri UII, kondisi penyimpanan dan tata cara pembuangan limbah elektronik yang dilakukan, serta mengetahui jenis-jenis beserta volume limbah elektronik yang dihasilkan dari kegiatan pembelajaran yang dilakukan di dalam Fakultas Teknik Industri UII.

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui *log book* atau buku catatan serta dokumen pendukung yang terkait dengan pencatatan barang elektronik Fakultas Teknik Industri UII. Selain itu, literatur lain seperti jurnal penelitian, riset serta regulasi yang berkaitan dengan penelitian ini dapat digunakan sebagai data sekunder. Data sekunder yang ingin diperoleh meliputi data usia pakai alat elektronik, data komponen setiap barang elektronik beserta komposisi dan volume komposisi yang ada di dalamnya.

### 3.4. Prosedur Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena atau variabel-variabel tertentu dengan menggunakan data berupa angka atau statistik. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan alat analisis data kuantitatif, yaitu data penelitian dianalisis berdasarkan kuantitas limbah elektronik berdasarkan jenis-jenis limbah elektronik yang telah dikategorikan. Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memilih dan memilah data yang akan diukur dan dianalisis berdasarkan jenis limbah elektronik yang telah dikategorikan
2. Mengukur kuantitas limbah elektronik, meliputi jumlah, berat, serta volume limbah elektronik
3. Mengkategorikan limbah elektronik berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan
4. Menganalisis metode pengelolaan limbah elektronik yang dilakukan oleh Fakultas Teknik Industri UII sejauh ini.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia (FTI UII) merupakan salah satu fakultas dari total 7 fakultas yang ada dalam lingkungan kampus Universitas Islam Indonesia. Fakultas Teknik Industri UII memiliki 6 program studi tingkat sarjana dan 4 program studi tingkat pasca sarjana. Jurusan yang dimiliki oleh Fakultas Teknik Industri di antaranya Jurusan Teknik Kimia, Jurusan Informatika, Jurusan Teknik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Mesin dan Jurusan Rekayasa Tekstil.

Dalam kegiatan pembelajaran, Fakultas Teknik Industri UII memiliki 2 bangunan atau gedung yaitu Gedung K.H. Mas Mansur dan Gedung K.H.A. Wahid Hasyim yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas penunjang bagi para mahasiswa dan mahasiswi. Kedua bangunan memiliki total ruang kuliah sebanyak 29 ruangan, 24 ruangan laboratorium, 2 ruangan audiovisual, serta beberapa ruangan pendukung seperti ruang perpustakaan, ruang sidang, ruang mushola, ruang Auditorium serta ruangan dosen yang dimiliki oleh masing-masing jurusan.

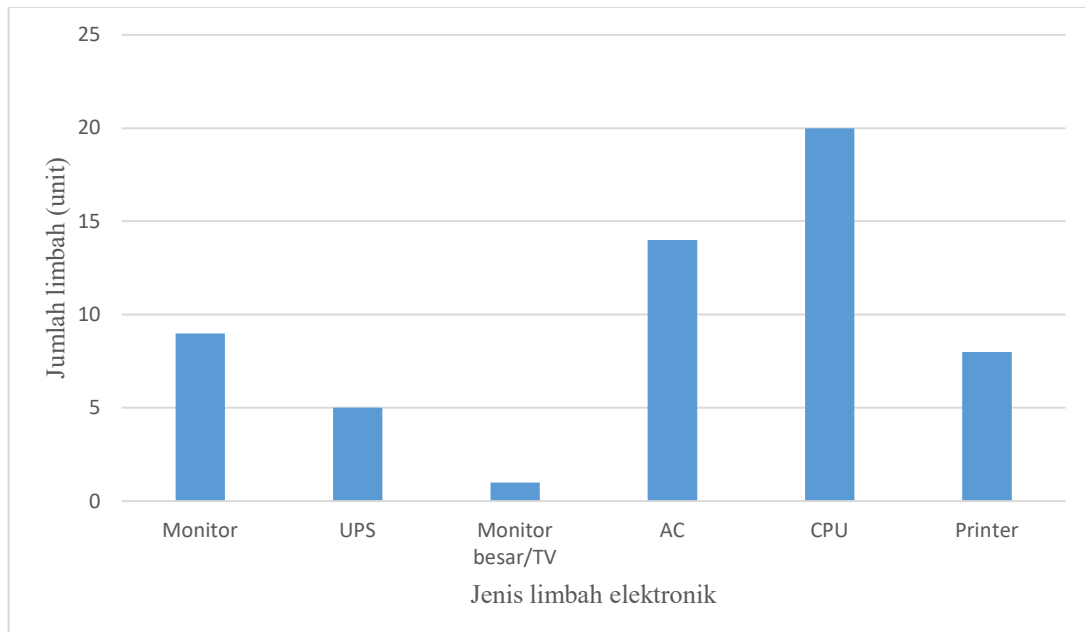
Banyaknya ruangan yang ada di kedua gedung Fakultas Teknik Industri diperlukan sarana dan prasarana bagi setiap ruangan sehingga ruang di kedua gedung dapat dipakai secara maksimal dan efektif. Salah satu jenis sarana dan prasarana dalam ruangan adalah ketersediaan alat-alat elektronik untuk menunjang kegiatan perkuliahan. Alat-alat elektronik yang dibutuhkan di kedua gedung Fakultas Teknik Industri UII sangat banyak dikarenakan banyaknya ruangan yang tersedia di kedua gedung tersebut. Inventarisasi alat dan barang elektronik mulai dari pengadaan alat dan barang hingga pembuangan merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan dalam manajemen sarana dan prasarana. Dengan alasan tersebut, Fakultas Teknik Industri dijadikan sebagai sumber lokasi penelitian pada tugas akhir ini.

## 4.2. Identifikasi Limbah Elektronik

### 4.2.1. Identifikasi Jenis Limbah Elektronik

Identifikasi jenis limbah elektronik diperoleh dengan mengamati dan menghitung jumlah limbah elektronik yang dihasilkan di Tempat Penyimpanan Sementara yang berada di lingkungan Fakultas Teknik Industri UII. Selain itu, data seperti inventaris dan *log book* oleh pihak fakultas juga akan dimasukkan dalam data pengamatan, meskipun data yang bisa diberikan tidak dapat diberikan semuanya dikarenakan hal privasi.

Berdasarkan observasi di lapangan, setidaknya terdapat 6 jenis limbah elektronik yang ada di Tempat Penyimpanan Sementara limbah elektronik, di antaranya monitor, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), monitor ukuran besar, AC (*Air Conditioner*), CPU (*Central Processing Unit*), serta printer. Data jenis limbah elektronik tersebut dapat ditampilkan dengan grafik di bawah ini.



Gambar 4.1. Jumlah timbulan limbah untuk setiap jenis limbah elektronik di Fakultas Teknik Industri UII

Beberapa jenis limbah elektronik yang didapat, dapat dibedakan kembali berdasarkan tipe-tipe dari setiap limbah elektronik tersebut. Data limbah elektronik dengan kategori tipe dapat dilihat di tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Jumlah unit untuk setiap jenis limbah elektronik

<b>Jenis limbah elektronik</b>	<b>Tipe</b>	<b>Jumlah (unit)</b>
Monitor	LCD/LED	9
UPS	-	5
Televisi ukuran besar	LCD/LED	1
AC	<i>Split wall</i>	11
AC	<i>Window</i>	1
AC	<i>Floor Stand</i>	2
CPU	-	20
Printer	<i>Dot Matrix</i>	3
Printer	<i>Inkjet</i>	3
Printer	<i>Laser jet</i>	2

Berdasarkan data yang tercantum pada Gambar 4.1 didapatkan bahwa limbah elektronik dengan jenis CPU merupakan timbulan limbah paling banyak yang dihasilkan di Fakultas Teknik Industri UII. Kebutuhan alat elektronik CPU merupakan kebutuhan yang paling dominan dalam sarana dan prasarana di Fakultas Teknik Industri UII. Selain itu, pesatnya pertumbuhan teknologi juga menyebabkan alat elektronik CPU juga ikut berkembang. Perkembangan yang dimaksud contohnya adalah peningkatan performa pada kinerja CPU. Dengan peningkatan performa juga memungkinkan performa dalam pembelajaran dan pekerjaan yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Industri juga ikut terbantu. Ditambah lagi dengan semua program studi yang ada di Fakultas Teknik Industri juga sangat bergantung pada kinerja CPU. Sehingga butuh pembaharuan (*upgrade*) CPU agar fasilitas ini dapat terjaga dan dapat bekerja dengan baik. Setidaknya pembaharuan (*upgrade*) alat elektronik CPU ini diperbarui minimal 5 tahun sekali dan maksimal 10 tahun sekali. Hal ini menjadi salah satu sebab mengapa limbah elektronik jenis CPU menghasilkan timbulan paling besar di Fakultas Teknik Industri.

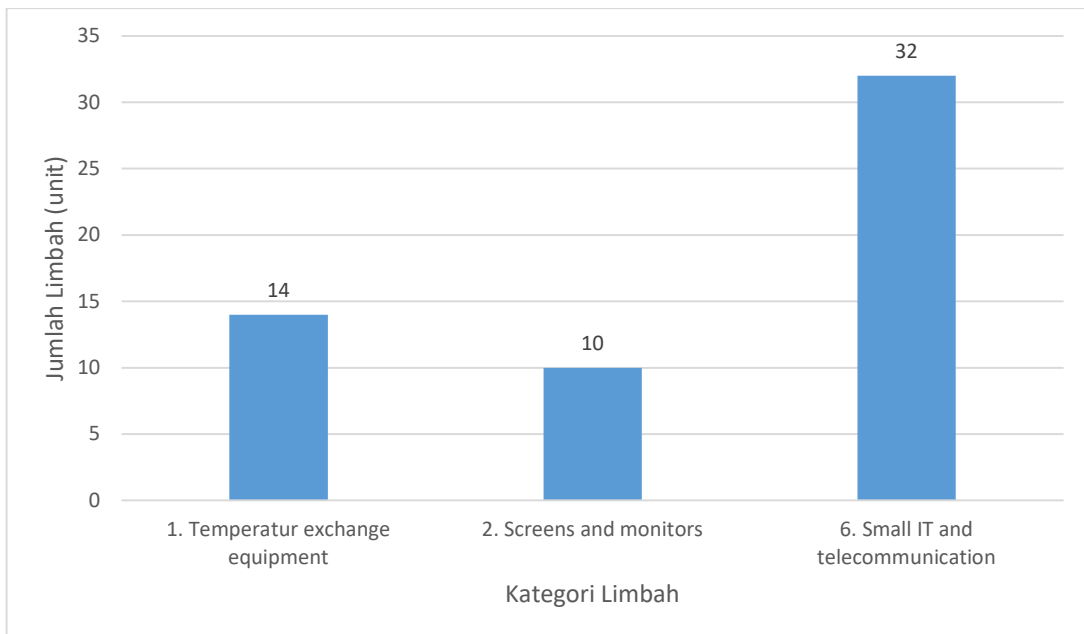
Selain itu, dari Gambar 4.1 pula juga didapatkan bahwa limbah monitor besar atau televisi merupakan timbulan limbah elektronik paling sedikit di antara jenis limbah elektronik lainnya. Penggunaan alat elektronik televisi ini hanya dipakai di ruang-ruang tertentu dalam bangunan Fakultas Teknik Industri, seperti ruang program studi, serta ruang audiovisual. Penggunaan alat elektronik ini juga jarang dipakai atau hanya dipakai

saat tertentu saja sehingga intensitas penggunaan tidak sebesar alat elektronik CPU. Oleh sebab itu, timbulan limbah elektronik televisi atau monitor besar ini merupakan timbulan paling sedikit yang dihasilkan.

Berdasarkan data pengamatan yang telah dilakukan, masing-masing limbah elektronik dapat diklasifikasikan berdasarkan ketentuan klasifikasi Uni Eropa (*Directive 2012/19/EU*) terhadap limbah elektronik yang tercantum dalam *Global e-Waste Monitor*. Berikut klasifikasi limbah elektroniknya.

Tabel 4.2 Kategori limbah elektronik berdasarkan klasifikasi Directive 2012/19/EU

<b>Limbah Elektronik</b>	<b>Nomor Kategori</b>	<b>Keterangan Kategori</b>
Monitor	2	<i>Screens and monitors</i>
UPS	6	<i>Small IT and telecommunication</i>
Monitor besar	2	<i>Screens and monitors</i>
AC	1	<i>Temperature exchange equipment</i>
CPU	6	<i>Small IT and telecommunication</i>
Printer	6	<i>Small IT and telecommunication</i>



Gambar 4.2 Jumlah limbah elektronik berdasarkan kategori limbah elektronik



Berdasarkan kategori limbah elektronik, kategori 6 yaitu *Small IT and telecommunication* merupakan limbah elektronik dengan volume terbanyak yaitu 21 unit, dengan rincian 5 unit UPS, 20 unit CPU serta 8 unit printer. Fakultas Teknik Industri merupakan fakultas yang membutuhkan kebutuhan sarana dan prasarana komputer yang cukup banyak. Hal ini dikarenakan jurusan di fakultas ini selain berkaitan dengan kegiatan laboratorium teknik, juga sangat berkaitan dengan komputer sebagai alat pembantu dalam hal-hal seperti perhitungan serta pemodelan terkait dengan keteknikan. Banyaknya kebutuhan akan komputer serta perangkat pembantu lainnya menimbulkan timbulan pada limbah elektronik yang berkaitan dengan kategori ini.

#### 4.2.2. Komposisi Limbah Elektronik

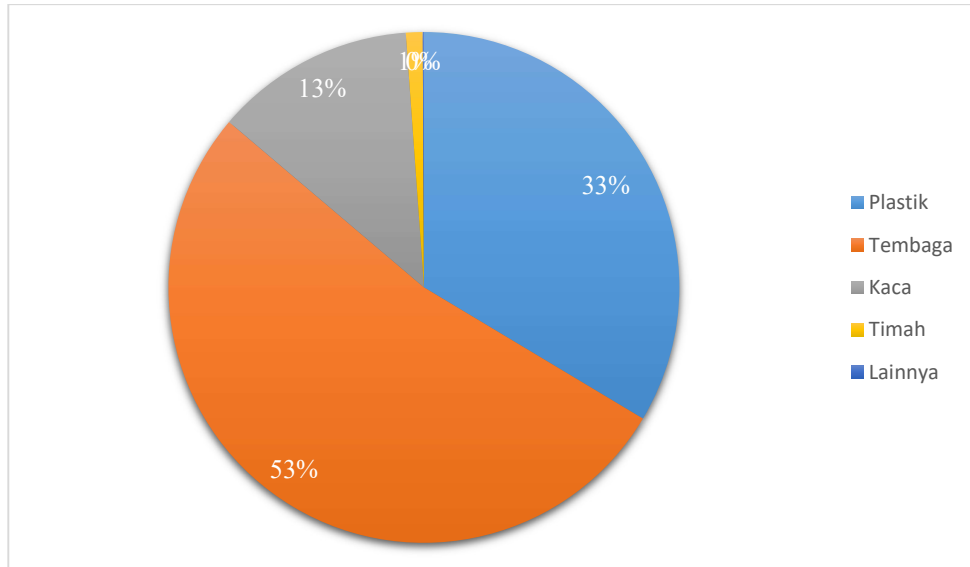
Setiap alat elektronik memiliki beberapa komponen di dalamnya dengan fungsi dan cara kerjanya masing-masing. Meskipun begitu, komponen-komponen alat elektronik saling bekerja sama agar alat elektronik tersebut dapat berjalan dengan baik. Komponen-komponen dalam alat elektronik memiliki komposisi yang dapat menjadi limbah elektronik sehingga akan menyebabkan masalah pada lingkungan dan manusia.

Komponen yang terdapat pada alat elektronik monitor kurang lebih sama halnya dengan komponen yang ada di TV, namun terdapat sedikit perbedaan pada komposisi dari kedua alat elektronik tersebut. Meskipun fungsi utama dari monitor dan TV adalah sama-sama menampilkan layar, terdapat perbedaan yang spesifik dari kedua alat elektronik tersebut. TV hanya bisa menampilkan gambar apabila TV tersebut terhubung dengan saluran siaran, sedangkan pada monitor menampilkan gambar berdasarkan proses elektrikal yang bekerja dalam sentra unit, dalam hal ini CPU. Selain itu, perbedaan seperti tampilan layar, ketajaman warna, *refresh rate* pada TV dan monitor juga berbeda akibat dari perbedaan yang telah disebutkan. Berikut komponen beserta komposisi material di dalamnya ditampilkan dalam bentuk tabel berikut ini.

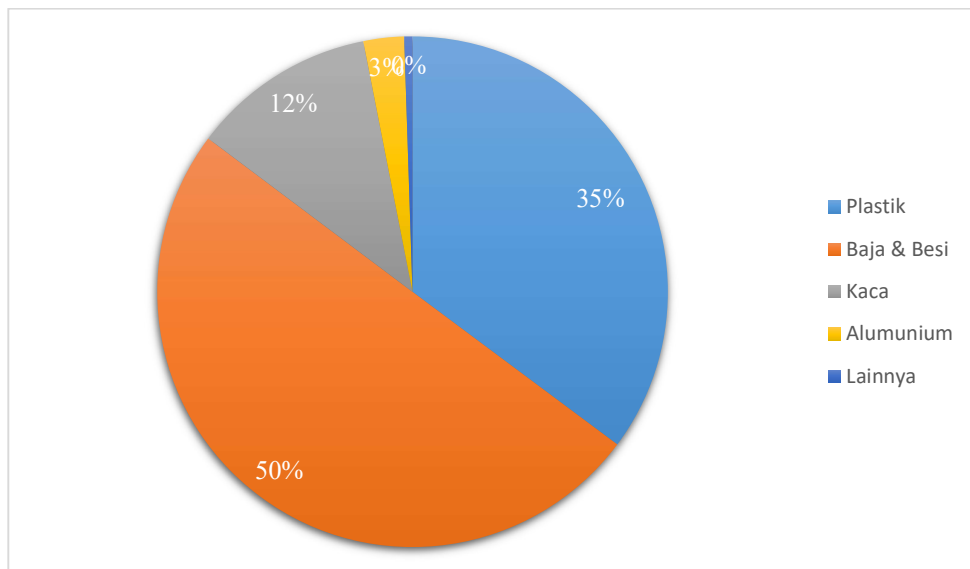
Tabel 4.3 Komponen utama monitor dan TV

<b>Komponen utama Monitor dan TV</b>	<b>Fungsi</b>
<i>Printed Circuit Board / Interface Board</i>	Kontrol pusat untuk mengatur kerjanya monitor

Komponen utama Monitor dan TV	Fungsi
<i>Liquid Crystal Display / Light Emittign Display</i>	Memproduksi cahaya dan warna pada layar
Kabel elektrikal	Sebagai penghubung antar monitor ke sumber listrik atau ke perangkat lain



Gambar 4.3 Komposisi Material Limbah TV LED



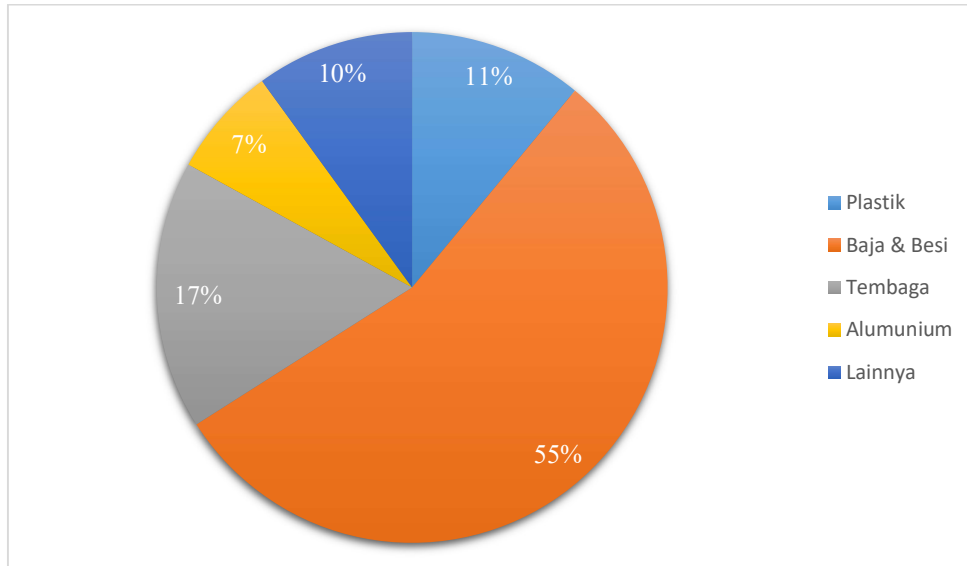
Gambar 4.4 Komposisi Material Limbah Monitor LED

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, secara umum komposisi material limbah monitor LED dan TV LED didominasi oleh kandungan logam, seperti baja, besi serta tembaga. Komposisi logam ini merupakan komposisi utama dalam penyusunan komponen monitor dan TV, terutama pada komponen *Printed Circuit Board* (PCB) serta komponen *Liquid Crystal Display / Light Emittign Display*. Berdasarkan peraturan PP Nomor 22 Tahun 2021, komposisi yang terkandung dalam komponen PCB termasuk ke dalam golongan limbah B3. Sehingga selain ketiga logam dengan nilai yang tinggi tersebut, logam-logam lain seperti timah, alumunium juga termasuk ke dalam limbah B3.

Pada alat elektronik AC, beberapa komponen utama yang ada di dalamnya di antaranya kompresor, kondensor, evaporator, *blower* atau *fan*, serta *refrigerant* atau freon. Fungsi dan komposisi masing-masing komponen dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 4.4 Komponen utama AC

<b>Komponen utama AC</b>	<b>Fungsi</b>
Kompresor	Pengisap, penekan serta pemompa uap <i>refrigerant</i>
Kondensor	Pengubah wujud <i>refrigerant</i> dari gas menjadi cair atau proses kondensasi
Evaporator	Penguapan atau penyerapan udara panas
<i>Blower</i> atau <i>fan</i>	Sirkulasi udara, membuang udara panas dan mendinginkan <i>refrigerant</i> .
<i>Refrigerant</i> atau freon	Gas atau senyawa kimia penyerap panas



Gambar 4.5 Komposisi Material Limbah Elektronik AC (Air Conditioner)

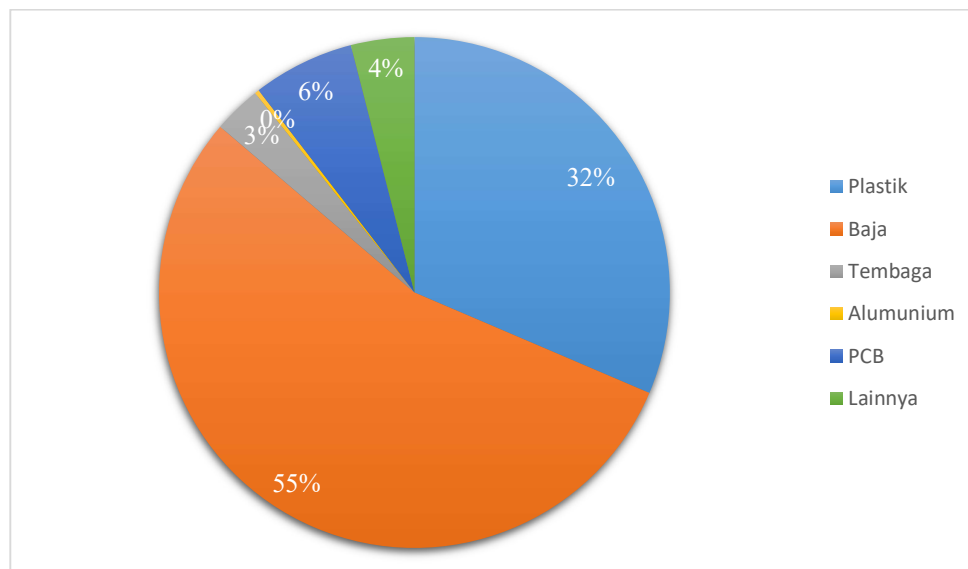
Berdasarkan Gambar 4.5, komposisi baja dan besi merupakan komposisi yang dominan dalam limbah elektronik AC. Komposisi baja dan besi dalam AC digunakan sebagai rangka dalam alat elektronik tersebut. Menurut regulasi PP Nomor 22 Tahun 2021, komposisi ini tidak termasuk dalam limbah B3 karena kedua komposisi ini tidak termasuk ke dalam sisa proses atau *slag* dalam proses industri. Sehingga kedua komposisi ini masih bisa dimanfaatkan kembali atau didaur ulang untuk membuat produk baru lainnya.

Pada alat elektronik printer, jenis printer yang dihasilkan terdiri dari 3 jenis printer, yaitu printer *dot matrix*, printer *inkjet* dan printer *laser jet*. Terdapat beberapa perbedaan di antara ketiga jenis printer tersebut antara lain performa pencetakan, kualitas pencetakan, cara kerja pencetakan serta biaya operasional. Meskipun begitu, ketiga jenis printer tersebut secara umum masih sama yaitu mencetak dokumen. Secara komponen penyusun printernya, printer *inkjet* dan printer *laserjet* memiliki persamaan, sedangkan pada printer *dot matrix* berbeda dari kedua jenis printer di atas. Cara kerja pencetakan antara printer *dot matrix* yang menyebabkan komponen printer ini berbeda di antara printer lainnya. Berikut komponen dan komposisi pada limbah elektronik printer di bawah ini.

Tabel 4.5 Komponen utama printer

Komponen utama Printer	Fungsi
<i>Cartridge</i>	Tempat penyimpanan dan pengaturan tinta

<i>Carriage Unit</i>	Tempat untuk menempatkan <i>cartridge</i>
<i>Chip</i>	Penghubung antara <i>cartridge</i> dan <i>mainboard</i>
<i>Mainboard</i>	Pengontrol utama dalam printer
<i>Head</i>	Titik keluar tinta pada saat pencetakan
<i>Timing belt</i>	Tali yang berfungsi untuk menarik dan mendorong <i>cartridge</i> dan <i>carriage unit</i>
<i>Paper Tray</i>	Tempat tatakan kertas
<i>Sensor roll</i>	Sensor untuk mendeteksi kertas apakah ada atau tidak di area <i>paper tray</i>
<i>Knob</i>	Memutar kertas saat printer sedang mengatur kertas



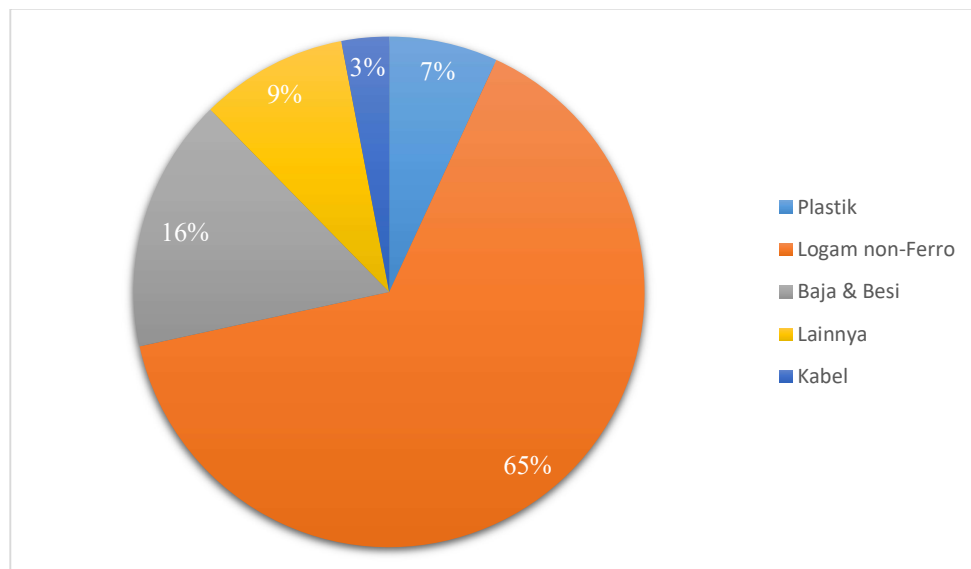
Gambar 4.6 Komposisi Material Limbah Elektronik Printer

Pada alat elektronik CPU, komponen yang diperlukan agar CPU dapat bekerja terbilang cukup banyak. Beberapa komponen dalam CPU dapat dibidang sebagai alat elektrikal dengan jenis yang berbeda serta fungsi yang berbeda-beda. Sehingga CPU bisa dikatakan sebagai tempat untuk menampung beberapa alat elektrikal yang saling terkoordinasi dan terkumpul di satu tempat. Dengan alasan tersebut, CPU termasuk ke dalam limbah elektronik dengan kategori 6 berdasarkan *Directive 2012/19/EU*. Komposisi yang ditampilkan dalam CPU ini merupakan gabungan dari beberapa alat

elektrikal yang tergabung di dalam CPU. Berikut komponen dan komposisi dari CPU beserta dengan fungsinya masing-masing (Tabel 4.6).

Tabel 4.6 Komponen utama dan fungsi dalam CPU

<b>Komponen utama CPU</b>	<b>Fungsi</b>
<i>Motherboard</i>	Sebagai tempat dan penyatuan beberapa komponen utama dalam komputer
Prosesor	Otak komputer
<i>Memory (RAM)</i>	Tempat penampungan sejumlah data dan informasi sebelum diproses oleh prosesor
Hardisk / SSD	Tempat penyimpanan data statis
<i>Power Unit Supply</i>	Pemasok daya listrik ke komponen di dalam CPU
Kipas / <i>Fan</i>	Pendingin peripheral dalam CPU
<i>VGA Card</i>	Pengolah grafis dalam CPU
<i>Casing</i>	Sebagai tempat penutup bagi beberapa komponen dalam CPU



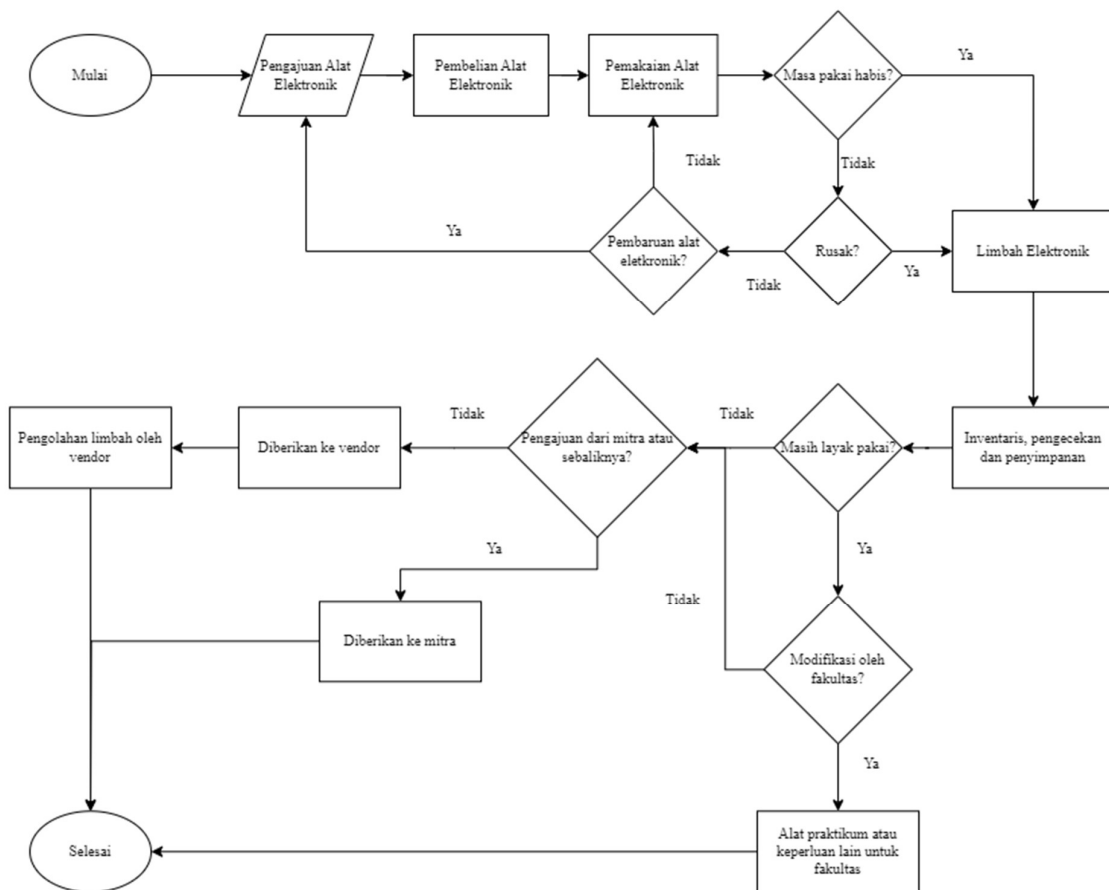
Gambar 4.7 Komposisi Material Limbah Elektronik CPU

Berdasarkan Gambar 4.7, terlihat bahwa komposisi material limbah elektronik CPU yang paling dominan adalah logam non-ferro. Komposisi tersebut merupakan logam yang tidak mengandung besi dan baja. Berdasarkan potensi bahayanya, logam

non-ferro lebih rendah dibandingkan dengan besi dan baja. Namun, logam non-ferro masih tergolong ke dalam limbah B3.

### 4.3. Manajemen Pengelolaan Limbah Elektronik

Manajemen pengelolaan limbah elektronik oleh Fakultas Teknik Industri hanya melakukan kegiatan penyimpanan limbah saja. Beberapa alat elektronik selain yang disebutkan pada data identifikasi jenis limbah elektronik dibuang langsung atau dijual kembali kepada pengepul limbah. Selain kegiatan penyimpanan, Fakultas Teknik Industri juga melakukan kegiatan penggunaan kembali terhadap limbah elektronik dengan jenis limbah yang telah disebutkan sebelumnya.



Gambar 4.8 Alur pengelolaan limbah elektronik di Fakultas Teknik Industri UII

Pengelolaan limbah elektronik di Fakultas Teknik Industri diawali dengan adanya alat elektronik yang sudah rusak, habis masa pakai atau diperlukan *upgrade* alat elektronik terbaru untuk menunjang kegiatan pembelajaran. Alat elektronik tersebut sudah bisa dikatakan sebagai limbah elektronik. Limbah elektronik ini kemudian akan

didata terlebih dahulu oleh pencatatan inventaris dari masing-masing jurusan dan kemudian diteruskan kepada bidang sarana dan prasarana Fakultas Teknik Industri UII.

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara dari bidang sarana dan prasarana FTI UII, beberapa limbah elektronik ini sebagian memang sudah rusak yang artinya tidak bisa dipakai kembali, sebagian lainnya limbah elektronik masih bisa dipakai meskipun beberapa bagian atau komponen dari limbah elektronik tersebut ada yang rusak. Limbah elektronik baik yang sudah rusak ataupun masih layak pakai masih dilakukan pencatatan dan dicatat sebagai aset.

Setelah pencatatan, limbah elektronik ini dibawa dan disimpan di tempat penyimpanan sementara yang sudah disiapkan oleh Fakultas Teknik Industri UII.

Dua tempat penyimpanan elektronik dikelompokkan berdasarkan fungsi alat elektronik tersebut, sedangkan satu tempat tidak dikelompokkan atau dengan kata lain semua jenis limbah elektronik dapat masuk ke tempat tersebut. Dua tempat penyimpanan ini berada di lantai *basement* yang terletak di ruang kosong di samping tangga dan di samping *lift*. Tempat penyimpanan di samping *lift* berisi limbah elektronik dengan jenis limbah monitor, CPU, UPS dan beberapa perangkat lain yang berkaitan dengan alat elektronik IT dan alat elektronik berukuran kecil lainnya. Sedangkan tempat samping tangga berisi limbah elektronik dengan jenis AC. Penempatan dan penyimpanan yang dilakukan terhadap limbah elektronik di kedua tempat tersebut cukup rapi. Artinya limbah elektronik tersebut dikelompokkan berdasarkan jenisnya, seperti limbah monitor dikelompokkan khusus untuk limbah monitor, dan limbah lainnya. Selain itu, akses terhadap limbah elektronik di kedua tempat tersebut masih terjangkau dan dapat diakses karena tempat ini tidak tertutup oleh ruangan berpintu. Sedangkan untuk tempat satunya yaitu gudang yang terletak di parkir kendaraan untuk pegawai dan dosen, penempatan limbah tidak teratur dan tidak rapi. Artinya untuk tempat ini limbah elektronik sudah benar-benar rusak dan jarang sekali untuk diolah kembali. Meskipun begitu, tempat ini memiliki ruangan berpintu, sehingga limbah yang ada di dalamnya tidak akan berserakan keluar dari ruangan tersebut.

Pengelolaan limbah elektronik yang sudah rusak ataupun masih layak pakai diberikan beberapa pilihan. Opsi pertama yaitu limbah elektronik tersebut dikembalikan atau dijual kembali kepada vendor. Pada opsi ini limbah elektronik akan dikelola dan diolah oleh pihak vendor. Opsi kedua yaitu limbah elektronik diberikan kepada mitra yang bekerja sama dengan pihak Fakultas Teknik Industri UII. Pemberian kepada mitra



dapat dilakukan dengan cara pengajuan dari pihak mitra kepada pihak FTI UII untuk meminta limbah elektronik tersebut, atau sebaliknya dengan penawaran limbah elektronik dari FTI UII kepada para mitra UII. Aktivitas pemberian atau penawaran limbah elektronik ini sebagian termasuk dalam kegiatan jual beli sebagian lainnya diberikan dalam bentuk hibah. Salah satu bentuk atau contoh dalam pemberian limbah elektronik kepada mitra adalah pemberian limbah elektronik monitor dan CPU kepada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) yang bekerja sama dengan FTI UII. Opsi ketiga yaitu opsi yang hanya dilakukan ketika limbah elektronik tersebut masih layak pakai. Yaitu pemanfaatan kembali limbah elektronik bagi jurusan yang memerlukan yang ada dalam Fakultas Teknik Industri. Pemanfaatan yang dilakukan di antaranya digunakan kembali sebagai alat praktikum bagi mahasiswa yang memerlukan atau pemanfaatan untuk dimodifikasi sehingga limbah elektronik tersebut bisa digunakan kembali. Kegiatan pemanfaatan ini dilakukan sebagai upaya dari FTI UII untuk mengurangi timbulan limbah elektronik yang dihasilkan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Jenis limbah elektronik yang dihasilkan dari kegiatan pembelajaran di Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia di antaranya adalah alat elektronik AC (*Air Conditioner*) sebanyak 14 unit, monitor komputer sebanyak 9 unit, televisi ukuran besar sebanyak 1 unit, CPU sebanyak 20 unit, UPS sebanyak 5 unit, dan printer sebanyak 8 unit. Berdasarkan klasifikasi limbah elektronik *EU Directive 2012/19/EU* limbah elektronik yang dihasilkan di Fakultas Teknik Industri hanya terdapat 3 kategori yaitu kategori 1 *Temperature Exchange*, kategori 2 *Screens and Monitor* dan kategori 6 *Small IT and telecommunication*. Dengan klasifikasi tersebut terlihat komposisi yang terkandung dari masing-masing limbah elektronik setiap kategori memiliki karakteristik yang sama. Komposisi yang terkandung dalam limbah elektronik sebagian besar didominasi oleh kandungan plastik dan kandungan logam seperti aluminium, baja, besi, dan tembaga.
2. Kegiatan pengelolaan limbah elektronik di Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia hanya melakukan penyimpanan limbah elektronik dan penggunaan kembali (*reuse*) limbah elektronik. Limbah elektronik yang disimpan kemudian akan diberikan beberapa opsi pengelolaan, di antaranya adalah diberikan kembali kepada vendor alat elektronik agar limbah elektroniknya dikelola langsung oleh vendor, penawaran kepada mitra yang bekerja sama dengan FTI UII atau sebaliknya, serta pemanfaatan kembali (*reuse*) limbah elektronik dengan memodifikasi limbah elektronik menjadi alat elektronik baru atau dijadikan sebagai alat praktikum bagi jurusan yang memerlukan di FTI UII.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, beberapa saran yang perlu diperhatikan sebagai berikut.

1. Penelitian ini diperlukan lebih lanjut mengenai metode pengelolaan limbah elektronik yang sesuai dengan aturan yang berlaku, terutama dalam hal penyimpanan

limbah elektronik agar aman. Hal ini karena setiap gedung di lingkungan UII hanya bisa melakukan kegiatan penyimpanan saja terhadap limbah elektronik.

2. Diperlukan objek penelitian yang lebih beragam, setidaknya mencakup 6 klasifikasi limbah elektronik untuk mengetahui komposisi yang terkandung dari setiap klasifikasi limbah elektronik tersebut

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahirwar, R., & Tripathi, A. K. (2021). E-waste management: A review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100409.
- Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O., & Alalade, O. E. (2019). Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: a review. *J Toxicol Risk Assess*, 5(021), 1–13.
- Amalia, S., Tarigan, I. A. A., Rizkiyani, A., & Apriono, C. (2021). Analysis of Effectiveness in the Utilization and Control of Electronic Waste (E-Waste) in Indonesia. *Green Intelligent Systems and Applications*, 1(1), 1–11.
- Anandh, G., PrasannaVenkatesan, S., Goh, M., & Mathiyazhagan, K. (2021). Reuse assessment of WEEE: Systematic review of emerging themes and research directions. *Journal of Environmental Management*, 287, 112335.
- Arya, S., Gupta, A., & Bhardwaj, A. (2023). *Chapter 17 - Development of strategic framework for effective E-waste management in developing countries* (S. Arya & S. B. T.-G. E.-W. M. S. and F. I. Kumar (eds.); pp. 357–370). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99919-9.00006-4>
- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources*. United Nations University, International Telecommunication Union, and ....
- Baldé, C. P., Wang, F., & Kuehr, R. (2016). Transboundary movements of used and waste electronic and electrical equipment. *United Nations University, Vice Rectorate in Europe–Sustainable Cycles Programme (SCYCLE): Bonn, Germany*.
- Bapedal, S. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. *Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Indonesia*.
- Berniyanti, T. (2020). *Biomarker Toksisitas: Paparan Logam Tingkat Molekuler*. Airlangga University Press.
- BPS. (2022). *STATISTIK eCOMMERCE 2022* ( dan P. Direktorat Statistik, Keuangan, TI (ed.)). Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2023). *No Title*. <https://www.bps.go.id/>
- Chen, M., Huang, J., Ogunseitan, O. A., Zhu, N., & Wang, Y. (2015). Comparative study on copper leaching from waste printed circuit boards by typical ionic liquid acids. *Waste Management*, 41, 142–147.
- Damanhuri, E., & Padi, T. (2010). Pengelolaan sampah. *Diktat Kuliah TL*, 3104, 5–10.
- Darsana, I. M., & Sukaarnawa, I. G. M. (2023). *Manajemen sumber daya manusia*. Mafy Media Literasi Indonesia.
- Domingo, J. L., Marquès, M., Mari, M., & Schuhmacher, M. (2020). Adverse health effects for populations living near waste incinerators with special attention to hazardous waste incinerators. A review of the scientific literature. *Environmental Research*, 187, 109631.

- Drucker, P. F. (2020). *The essential drucker*. Routledge.
- Ervianto, W. I. (2013). Manajemen limbah dalam proyek konstruksi. *Semin. Nas. Arsit. SCAN*, 1–9.
- Fajriyah, S. A., & Wardhani, E. (2020). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. X. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1).
- Forti, V., Balde, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential*.
- Huang, J., Chen, M., Chen, H., Chen, S., & Sun, Q. (2014). Leaching behavior of copper from waste printed circuit boards with Brønsted acidic ionic liquid. *Waste Management*, 34(2), 483–488.
- Kahhat, R., Kim, J., Xu, M., Allenby, B., Williams, E., & Zhang, P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(7), 955–964. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.03.002>
- Kemenperin RI. (2021). *Tantangan Peningkatan Industri Elektronika di Indonesia - Buku Analisis Pembangunan Industri Edisi V*.
- Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, M. H. (2013). Electronic waste management approaches: An overview. *Waste Management*, 33(5), 1237–1250. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.006>
- Kumar, A., Holuszko, M., & Espinosa, D. C. R. (2017). E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 32–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.018>
- Kumar, U., & Singh, D. N. (2014). Electronic Waste: Emerging Health Threats. *International Journal of Engineering Research and Development E-ISSN*, 17–23.
- Kurniawan, B. (2019). Pengawasan pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Indonesia dan tantangannya. *Dinamika Governance: Jurnal Ilmu Administrasi Negara*, 9(1).
- Liu, K., Tan, Q., Yu, J., & Wang, M. (2023). A global perspective on e-waste recycling. *Circular Economy*, 2(1), 100028. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccc.2023.100028>
- Malayadi, A. F. (2017). Karakteristik dan Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Laboratorium Universitas Hasanuddin Kota Makassar. *Hasanuddin, Makasar*.
- Mary, J. S., & Meenambal, T. (2016). Inventorisation of e-waste and developing a policy–bulk consumer perspective. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 643–655.
- Mustaghits, U. A. (2023). *Dampak Pembuangan Limbah B3 Terhadap Kesehatan Masyarakat Perspektif Pemikiran Seyyed Hossein Nasr*. Universitas Islam Indonesia.
- Nahor, J. J. H. B. (2019). Implikasi dan pengelolaan limbah elektronik. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 116–119.
- Nasir, M., Saputro, E. P., & Handayani, S. (2016). Manajemen pengelolaan limbah industri. *Benefit: Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, 19(2), 143–149.
- Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008). Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(6), 843–858.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.01.004>

- Nursabrina, A., Joko, T., & Septiani, O. (2021). Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 13(1), 80–90.
- Palmié, M., Rügger, S., & Parida, V. (2023). Microfoundations in the strategic management of technology and innovation: Definitions, systematic literature review, integrative framework, and research agenda. *Journal of Business Research*, 154, 113351.
- Pasha, R. F. (2015). Identifikasi Karakteristik Sampah Elektronik (E-Waste) dan Implikasinya pada Kebijakan Daerah di Kota Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(1).
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya*.
- Purnomo, C. W. (2021). *Solusi pengelolaan sampah Kota*. UGM PRESS.
- PwC. (2016). *Power in Indonesia: Investment and Taxation Guide November 2018*. PwC Indonesia Jakarta.
- Rais, Z. F. (2023). *Identifikasi Timbulan Dan Perencanaan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Tpa Piyungan*.
- Sadah, K., Fuada, S., & Hidayati, N. (2015). Model baru dalam penanganan limbah elektronik di indonesia berbasis integrasi seni. *Prosiding SENTIA*, 7(1), 1–7.
- Sandra, L., Jasin, F. M., Pido, R., Ritnawati Makbul, Udyani, K., Patimah, Sari, D. K., Satriawan, D., Fajar, H., Ningsih, E., & Sinaga, J. (2022). *Proses Pengolahan Limbah*. PT Global Eksekutif Teknologi.
- Santoso, S., Yuri M Zagloel, T., Ardi, R., & Suzianti, A. (2019). Estimating the amount of electronic waste generated in Indonesia: population balance model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 219, 12006.
- Schermerhorn Jr, J. R., & Bachrach, D. G. (2023). *Management*. John Wiley & Sons.
- Setyanto, I. C., & Trihadiningrum, Y. (2017). Kajian Pengelolaan Limbah Elektronik di Unit Pendidikan ITS. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), D173–D179.
- Shahabuddin, M., Uddin, M. N., Chowdhury, J. I., Ahmed, S. F., Uddin, M. N., Mofijur, M., & Uddin, M. A. (2023). A review of the recent development, challenges, and opportunities of electronic waste (e-waste). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 4513–4520. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04274-w>
- Shittu, O. S., Williams, I. D., & Shaw, P. J. (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, 120, 549–563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.016>
- Siddik, S. S., & Wardhani, E. (2020). Pengelolaan Limbah B3 Di Rumah Sakit X Kota Batam. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1).
- Statista. (2020). *Electronic waste generated worldwide from 2010 to 2019*. <https://www.statista.com/>

- Suja, F., Abdul Rahman, R., Yusof, A., & Masdar, M. S. (2014). E-waste management scenarios in Malaysia. *Journal of Waste Management*, 2014.
- Sumantri, A. (2010). Kesehatan Lingkungan, dan Perspektif Islam, charisma Putra Utama. *Kencana Media Group, Jakarta*.
- Tiseo, I. (2021). Global E-Waste-Statistics & Facts [WWW Document]. URL <https://www.Statista.Com/Topics/3409/Electronic-Waste-Worldwide/#DossierKeyfigures>.
- World Bank. (2023). *Population Ranking*. <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0038126>

## LAMPIRAN I

Pertanyaan pendadaran :

1. Berdasarkan identifikasi limbah elektronik yang dilakukan, limbah ini bisa dijadikan seperti apa? Atau bisa dimanfaatkan seperti apa?

Jawaban : Salah satu pemanfaatan limbah elektronik yang bisa dilakukan adalah pengambilan material yang memiliki nilai ekonomi. Contohnya adalah emas yang merupakan material umum yang dapat dijumpai di setiap limbah elektronik.

- a. Limbah elektronik ini apakah termasuk limbah B3? Apa yang menyebabkan limbah elektronik bisa termasuk limbah B3 atau tidak?

Jawaban : Menurut PP Nomor 27 Tahun 2020, barang elektronik yang tidak digunakan kembali termasuk ke dalam limbah B3. Yang dimaksud dengan barang elektronik yang tidak digunakan kembali yaitu barang elektronik dan/atau elektrikal yang dioperasikan dengan baterai atau listrik yang sudah tidak terpakai atau dibuang oleh pemilik terakhirnya. Limbah elektronik termasuk ke dalam limbah B3 dikarenakan barang-barang elektronik mengandung material seperti material logam yang dapat membahayakan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

- b. Jika limbah elektronik termasuk limbah B3, maka diperlukan tempat penyimpanan limbah B3. Apakah FTI UII menyediakan TPS limbah B3? Apakah FTI UII mempunyai izin pengelolaan limbah B3?

Jawaban : Pihak FTI UII hanya menyediakan tempat penyimpanan limbah elektronik saja. Namun untuk izin penyimpanan limbah B3, pihak FTI UII belum memiliki izin.

- c. Pengelolaan limbah elektronik yang dilakukan oleh FTI UII salah satunya adalah mengembalikan limbah elektronik kepada vendor atau pihak yang bertanggung jawab mengenai limbah elektronik. Apakah vendor atau pihak tersebut memiliki izin untuk mengelola limbah elektronik tersebut atau mengelola limbah B3?

Jawaban : Sejauh yang bisa dikonfirmasi, pihak FTI UII tidak tahu apakah vendor memiliki izin untuk mengelola limbah elektronik. Namun, limbah elektronik ini dikembalikan kepada vendor atau produsen yang memiliki alat elektronik tersebut.



2. Bagaimana suatu limbah dapat diklasifikasikan sebagai limbah B3?

Jawaban : Limbah dapat diklasifikasikan ke dalam limbah B3 dapat melihat beberapa karakteristik atau sifat dari limbah tersebut. Dari sifat fisiknya dapat dilihat melalui mata telanjang seperti warna limbah, temperatur, bau, dan sebagainya.