

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Limbah Plastik**

Kata plastik berasal dari Bahasa Yunani "*Plastikos*" yang berarti lentur dan mudah dibentuk. Peninggalan sejarah menunjukkan bahwa plastik pertama kali ditemukan oleh Suku Bangsa Olmec di Mexico sekitar 150 tahun sebelum masehi, dimana pada saat itu ditemukan sebuah bola yang terbuat dari bahan karet. Sebagaimana diketahui bahwa plastik dan karet sama-sama merupakan polimer. Bangsa Olmec juga memanfaatkan selulosa pada kayu dalam pembuatan perlengkapan rumah tangganya. Selulosa inilah yang kemudian menjadi dasar perkembangan plastik modern (Decy Arwini, 2022).

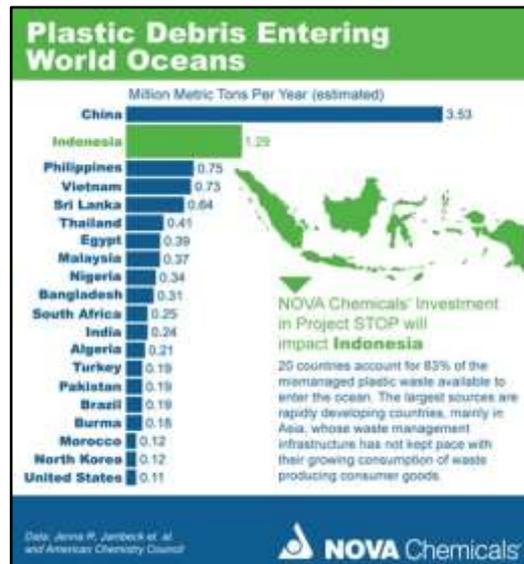
Plastik merupakan polimer rantai panjang dari atom yang saling mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik mencakup produk polimerisasi sintetik, akan tetapi terdapat beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan dapat juga terbentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis (Gusniar, 2018).

Plastik sendiri merupakan salah satu material yang dibutuhkan. Penggunaannya semakin berkembang setiap tahun, mulai dari penggunaan sehari-hari, industri, elektronik, dan sebagainya. Konsumsi plastik mengalami peningkatan setiap tahunnya mengakibatkan jumlah sampah plastik meningkat. Pada tahun 2019 tingkat konsumsi plastik di Indonesia

mencapai 5,9 ton per tahun dan diperkirakan pada tahun 2020 akan naik sebesar 5% (Widarti, 2020).

Sampah plastik dapat bertahan bertahun-tahun sehingga dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Maka dengan itu sampah perlu mendapatkan penanganan serta perhatian yang serius, salah satu penanganannya yaitu dengan cara mendaur ulang sampah plastik tersebut, menjadi suatu kerajinan contohnya vas bunga, tas, tikar untuk di kawasan rumah, di bidang konstruksi limbah plastik dapat diubah menjadi *paving block* (Enda, Sastra, Zulkarnain, dan Rahman, 2019).

Sampah di Indonesia meningkat sebesar 38 juta ton per tahun dan 30% dari sampah tersebut adalah sampah plastik (Hendiarti, 2018). Pola konsumsi masyarakat turut serta berkontribusi dalam peningkatan volume sampah dengan jenis beragam, dimana sampah rumah tangga menjadi salah satu sumber sampah yang cukup besar peranannya dalam peningkatan volume sampah di suatu lingkungan (Sari et al., 2018). Jika peningkatan volume sampah terus terjadi terutama yang bersumber dari sampah rumah tangga, maka dapat berpotensi mencemari lingkungan. Menurut (Restuningdiah et al., 2021). Dengan demikian, untuk mengurangi masalah sampah perlu pengelolaan sampah secara mandiri sejak di tingkat rumah tangga.



Gambar 2.1 Pencemaran Sampah di Laut  
Sumber : Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)

Pada kasus kantong plastik pemerintah berupaya merubah perilaku masyarakat yang berperan sebagai konsumen, namun Pemerintah Pusat belum pernah berupaya untuk menekan penggunaan produk plastik dengan cara mengubah perilaku masyarakat yang berperan sebagai produsen (Lathif, 2019). Pihak yang pernah melakukan hanya Pemerintah Kota Bandung, yaitu berupa aturan pelarangan penggunaan *styrofoam* untuk bungkus makanan dan minuman (Utomo, 2016). Larangan ini dilakukan karena Pemkot Bandung menemukan bahwa sebagian besar sampah yang ada di gorong-gorong Kota Bandung adalah plastik dan *styrofoam*. Jika hanya mengandalkan upaya dari pemerintah, baik pusat maupun daerah, maka bisa dipastikan bahwa upaya mengurangi limbah plastik melalui perubahan perilaku konsumen dan produsen akan menemui jalan buntu atau kegagalan. Usaha ini perlu dukungan dan secara nyata dari seluruh lapisan masyarakat dan dari segenap golongan masyarakat termasuk didalamnya kaum akademisi (Anindynta et al., 2021).

Di Indonesia, sampah plastik di daratan yang salah kelola atau disebut sebagai *Mismanaged Plastic Waste* (MPW) berakhir di lautan, sebagian besar berasal dari Pulau Jawa (129,3 kton/tahun) dan Sumatera (99,1 ton/tahun). Di tingkat Nasional, sekitar dua pertiga (66,6%) MPW yang dibuang ke lingkungan laut berasal dari sumber pedesaan dengan pembagian di Jawa sekitar 45% berasal dari perkotaan dan sekitar 55% berasal dari pedesaan. Sementara di Sumatera, Bali dan Kalimantan, sekitar 70-75% MPW yang dibuang ke lingkungan laut berasal dari pedesaan dan di Indonesia Timur (Sulawesi, Maluku dan Papua) meningkat menjadi 80- 90% (World Bank, 2021).

Volume sampah plastik di Indonesia diperkirakan terus mengalami pertumbuhan dari tahun 2017 yang semula hanya mencapai 6,8 juta ton, akan mengalami peningkatan sebanyak 1,9 juta ton selama 8 (delapan) tahun ke depan sehingga apabila permasalahan tersebut tidak diatasi akan menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah kebocoran plastik ke badan-badan air yang meningkat hingga 780.000 ton setiap tahunnya (*World Economic Forum, 2020*). Dengan demikian, sampah plastik di Indonesia yang tidak dikelola dengan baik di daratan telah menyebabkan pencemaran laut di mana terumbu karang yang terpapar oleh limbah plastik mencapai 26 bagian per 100 meter persegi dan ada sekitar 28% ikan di Indonesia yang mengandung plastic (Chotimah et al., 2022).

## B. Jenis-Limbah plastik

Ada berbagai macam jenis plastik, plastik yang digunakan untuk membuat botol air mineral tentu berbeda dengan plastik untuk membuat mangkuk, sedotan, *styrofoam*, kursi, dan pipa. Untuk mengetahui limbah plastik yang digunakan sebagai material dasar sebuah produk kita bisa melihat pada simbol yang dicetak pada plastik. Simbol ini berupa sebuah angka (dari 1-7) dalam rangkaian tanda panah yang membentuk segitiga, biasanya dicetak dibagian bawah benda plastik. Setiap simbol mewakili limbah plastik yang berbeda dan membentuk pengelompokkan dalam melakukan proses daur ulang.



Gambar 2.2 sampah plastik  
Sumber : Artikel Merdeka.com, 2020

**Tabel 2.1**  
**KODE PLASTIK DAN JENIS-LIMBAH PLASTIK**

Nomor Kode	Limbah plastik	Keterangan
	<p>PET, PETE (Polyethylene terephthalate)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bersifat jernih dan transparan, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80oC.</li> <li>2. Biasanya digunakan untuk botol minuman, minyak goreng, kecap, sambal, obat.</li> <li>3. Tidak untuk air hangat apalagi panas.</li> <li>4. Untuk jenis ini, disarankan hanya untuk satu kali penggunaan dan tidak untuk mewadahi pangan dengan suhu &gt;60oC.</li> </ol>
	<p>HDPE (High Density Polyethylene)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bersifat keras hingga semifleksibel, terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat di tembus gas, permukaan berkilau, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75oC.</li> <li>2. Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, tutup plastik.</li> <li>3. Disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan</li> <li>4. penyusunnya lebih mudah bermigrasi ke dalam pangan.</li> </ol>

	<p>PVC (Polyvinyl chloride)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plastik ini sulit didaur ulang.</li> <li>2. Bersifat lebih tahan terhadap senyawa kimia.</li> <li>3. Biasanya digunakan untuk botol kecap, botol sambal, baki, plastik pembungkus.</li> <li>4. Plastik jenis ini sebaiknya tidak untuk wadah pangan yang mengandung lemak/minyak, alkohol dan dalam kondisi panas.</li> </ol>
	<p>PVC (Polyvinyl chloride)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, tidak jernih tetapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70oC.</li> <li>2. Biasanya digunakan untuk botol madu, wadah yogurt, kantong kresek, plastik tipis.</li> <li>3. Plastik ini sebaiknya tidak digunakan kontak langsung dengan pangan.</li> </ol>
	<p>PP Polypropylen</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ciri-ciri plastik jenis ini biasanya transparan tetapi tidak jernih atau berawan, keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilau, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140oC.</li> <li>2. Merupakan pilihan bahan plastik yang baik untuk kemasan pangan, tempat obat, botol susu, sedotan</li> </ol>
	<p>PS (Polystyrene)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terdapat dua macam limbah plastik ini, yaitu yang kaku dan lunak/berbentuk foam.</li> <li>2. PS yang kaku biasanya jernih seperti kaca, kaku, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut (seperti alkohol), mudah dibentuk, melunak pada suhu 95oC. Contoh : wadah plastik bening berbentuk kotak untuk wadah makanan.</li> <li>3. PS yang lunak berbentuk seperti busa, biasanya</li> </ol>

		<p>berwarna putih, lunak, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut lain (seperti alkohol). Bahan ini dapat melepaskan styrene jika kontak dengan pangan.</p> <p>4. Contohnya yang sudah sangat terkenal Styrofoam.</p>
	<p>Lainnya (Digunakan untuk limbah plastik selain pada nomor 1-6)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bersifat keras, jernih dan secara termal sangat stabil.</li> <li>2. Bahan Polycarbonat dapat melepaskan Bisphenol-A (BPA) ke dalam pangan, yang dapat merusak sistem hormon.</li> <li>3. Biasanya digunakan untuk galon air minum, botol susu, peralatan makan bayi.</li> <li>4. Untuk mensterilkan botol susu, sebaiknya direndam saja dalam air mendidih dan tidak direbus.</li> <li>5. Botol yang sudah retak sebaiknya tidak digunakan lagi.</li> <li>6. Pilih galon air minum yang jernih, dan hindari yang berwarna tua atau hijau.</li> </ol>

Sumber : BPOM RI. Kemasan Pangan Plastik.

#### 1. *Polyester Thermplastic* (PETE)

Limbah plastik *Polyester Thermplastic* (PETE) biasa ditemukan pada botol air mineral, botol soda, botol minyak sayur, dan tempat plastik lainnya yang memiliki karakter berwarna jernih, transparan, atau tembus pandang dan direkomendasikan hanya sekali pakai. Limbah plastik tersebut mempunyai sifat karakteristik sebagai berikut :

- a. Tembus pandang (transparan), bersih dan jernih.
- b. Tahan terhadap pelarut organik seperti asam-asam organik dari buah-buahan, sehingga dapat digunakan untuk mengemas minuman sari buah.

- c. Tidak tahan terhadap asam kuat, fenol dan benzil alkohol.
- d. Kuat dan tidak mudah sobek.
- e. Tidak mudah dikelim dengan pelarut.

2. *High Density Polyethylene* (HDPE)

Plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) banyak digunakan untuk botol detergen, botol pemutih, botol susu yang berkemasan putih pucat, tempat mentega, tempat yoghurt, tempat shampoo, dan tempat sabun.

Limbah plastik ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Kuat
- b. Berbahan kaku
- c. Lapisan berminyak
- d. Mudah dicetak

3. *Polyvynil Chloride* (PVC)

Limbah plastik ini banyak digunakan untuk pipa plastik, lantai, dan outdoor meubel. Sangat tidak dianjurkan untuk menggunakan plastik dengan jenis PVC sebagai wadah makanan.

Adapun sifat karakteristik dari plastik jenis PVC adalah :

- a. Kuat
- b. Keras
- c. Bisa jernih
- d. Bentuk dapat diubah dengan pelarut

#### 4. *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Limbah plastik LDPE mengandung bahan *additive* dengan komposisi BHEB 18%, isonox 129 21%, irganox 1076 18%, dan irganox 1010 12%.

Sifat dari plastik ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Penampakkannya bervariasi dari transparan, berminyak sampai keruh tergantung proses pembuatan dan jenis resin.
- b. Lentur sehingga mudah dibentuk dan mempunyai daya rentang yang tinggi.
- c. Tahan asam, basa, alkohol, deterjen dan bahan kimia.
- e. Kedap terhadap air, uap air dan gas.
- f. Dapat digunakan untuk penyimpanan beku hingga suhu  $-50^{\circ}\text{C}$
- g. Transmisi gas tinggi sehingga tidak cocok untuk pengemasan bahan yang beraroma. Tidak sesuai untuk bahan pangan berlemak
- h. Mudah lengket sehingga sulit dalam proses laminasi, tapi dengan bahan antiblok sifat ini dapat diperbaiki.

#### 5. *Polypropylene (PP)*

Limbah plastik *Polypropylene (PP)* mengandung bahan *additive* dengan komposisi stabilator panas (AE) 4%, stabilator panas (AJ) 4%, pelumas (AH) 5%, syntetic hydrotalcite (HD) 3%, slip agent (SB) 14%, dan antiblocking (SC) 8%.

Sifat dari plastik ini mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Keras tapi fleksibel
- b. Ringan

- c. Mudah dibentuk
  - d. Kuat
  - e. Permukaan berkilin
  - f. Tahan terhadap bahan kimia dan minyak
6. *Polystyrene* (PS)

Gambar diatas menunjukkan contoh dan label code dari limbah plastik *Polystyrene* (PS). Limbah plastik ini banyak digunakan untuk tempat makan styrofoam, *coffee cup*, dan sendok garpu plastik. Bahan ini berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen yang berakibat pada masalah reproduksi, gangguan pertumbuhan sistem syaraf, serta bahan ini sulit didaur ulang.

Adapun karakteristik dari plastik jenis *Polystyrene* (PS) ini adalah :

- a. Ringan
- b. Getas
- c. Kaku
- d. Biasanya berwarna putih
- e. Melunak pada suhu 95°C
- f. Baik untuk kemasan bahan segar
- g. Permukaan licin, jernih dan mengkilap serta mudah dicetak
- h. Bila kontak dengan pelarut akan keruh
- i. Mudah menyerap pемlastis, jika ditempatkan bersama-sama dengan plastik lain menyebabkan penyimpangan warna
- j. Baik untuk bahan dasar laminasi dengan logam (aluminium)

## 7. *Other*

Limbah plastik yang tergolong dalam *Other* adalah SAN (*Styrene acrylonitrile*), ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*poly carbonate*), dan *Nylon*. Jenis plastik *Other* banyak ditemui pada CD, alat-alat rumah tangga, dan alat-alat elektronik.

Plastik jenis ini memiliki sifat karakteristik sebagai berikut :

- a. Keras
- b. Tahan panas
- c. Tidak mudah pecah

## C. **Tingkat Resiko Jenis-Limbah plastik**

### 1. *Polyester Thermplastic* (PETE)

Plastik jenis ini umumnya digunakan sebagai bahan pembuatan botol minuman ringan dan tempat makan tahan microwave. 60% bahan plastik PETE digunakan sebagai serat sintesis, yang dalam dunia pertekstilan disebut sebagai polyester. Selain itu juga digunakan sebagai bahan dasar botol kemasan yaitu sebanyak 30 %.

Botol sekali pakai ini apa bila terlalu sering dipakai, dapat mengakibatkan lapisan polimer pada botol meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik yaitu suatu zat yang dapat menimbulkan kanker. Titik lelehnya hanya 85°C dan penggunaan botol ini sebagai botol isi ulang seringkali kita temui di masyarakat. Salah satu material yang digunakan dalam pembuatan PET adalah antimoni trioksida, yang berbahaya bagi para pekerja karena zat ini masuk ke dalam tubuh melalui sistem

pernafasan, sebagai debu terhirup oleh pekerja. Terkontaminasinya senyawa ini dalam periode yang lama dapat menyebabkan iritasi kulit dan saluran pernafasan. Bagi pekerja wanita, senyawa ini meningkatkan masalah menstruasi dan keguguran, pun bila melahirkan, anak mereka kemungkinan besar akan mengalami pertumbuhan yang lambat hingga usia 12 bulan.

## 2. *High Density Polyethylene (HDPE)*

HDPE memiliki esterogenik aktif yang dapat mengakibatkan masalah kesehatan terutama pada janin dan anak-anak. Paparan esterogenik aktif ini dapat merubah struktur sel manusia. Paparan sel esterogenik aktif ini dapat terjadi ketika plastik terkena air mendidih, sinar matahari dan microwave. Tidak disarankan untuk menggunakan plastik jenis ini secara terus menerus karena plastik jenis ini akan melepaskan senyawa antimoni trioksida secara terus menerus. Hormon antimoni trioksida dapat mengakibatkan muntah dan diare, hormon ini bersifat karsiogenik dan juga dapat menyebabkan sel kanker.

## 3. *Polyvinyl Chloride (PVC)*

Titik leleh PVC ini berkisar antara 70°C sampai 140°C dan dapat bereaksi dengan makanan yang dikemas. Bila plastik jenis ini dipanaskan hingga titik lelehnya, maka DEHA yang terdapat didalamnya akan bereaksi dengan minyak yang ada di makanan dan hal ini akan sangat berbahaya bagi ginjal, hati dan mengakibatkan penurunan berat badan. Jika limbah plastik PVC ini dibakar dapat mengeluarkan racun. Plastik jenis ini juga sangat sulit untuk didaur ulang.

Plastik jenis ini mengandung beberapa kandungan bahan kimia beracun yang berbahaya untuk kesehatan masyarakat. Plastik PVC mengandung bisepol A (BPA), ftalat, timbal, dioksin, merkuri, dan kadmium. Bahan-bahan kimia berbahaya tersebut dapat memicu kanker dan masalah lain seperti gejala alergi pada anak-anak dan gangguan sistem hormon manusia yang mungkin dapat timbul.

#### 4. *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Plastik jenis ini sangat sulit untuk dihancurkan namun telah dapat didaur ulang. Plastik jenis ini sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan atau minuman yang dikemas. Penggunaan plastik jenis ini biasanya di jumpai pada pembungkus makanan beku, pembungkus roti, pelapis kertas kotak susu, gelas untuk makanan dingin atau panas dan lain sebagainya. Plastik jenis ini termasuk plastik dengan tingkat bahaya yang rendah.

#### 5. *Polypropylene (PP)*

PP memiliki titik leleh yang lebih tinggi yaitu 165°C. memiliki warna yang tidak jernih, cukup mengkilap, lebih kuat, ringan, daya tembus uap rendah, tahan terhadap minyak, dan stabil pada suhu tinggi. PP biasanya dikenal dengan kode angka 5. Produk yang menggunakan PP seperti karpet, wadah makanan seperti yoghurt, margarin serta dapat digunakan sebagai botol tempat menyimpan saus, botol obat-obatan, tutup botol, komponen otomotif dan lain sebagainya.

## 6. *Polystyrene* (PS)

Plastik jenis ini biasa di sebut dengan *steyrofoam*. Bahan ini harus dihindari, karena selain berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi, pertumbuhan dan sistem syaraf, juga bahan ini sulit didaur ulang. Bila didaur ulang, bahan ini memerlukan proses yang sangat panjang dan lama. Jika tidak tertera kode angka dibawah kemasan plastik, maka bahan ini dapat dikenali dengan cara dibakar (cara terakhir dan sebaiknya dihindari).

Ketika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan api berwarna kuning-jingga, dan meninggalkan jelaga. Titik leleh pada 95°C. biasanya digunakan sebagai tempat makan sekali pakai, mainan, peralatan medis dan lain sebagainya

## 7. *Other*

Bahan dengan tulisan *Other* berarti dapat berbahaya SAN (*styrene acrylonitrile*), ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*polycarbonate*), dan *Nylon*. *Polycarbonate*, dapat mengeluarkan bahan utamanya yaitu Bisphenol-A ke dalam makanan dan minuman yang berpotensi merusak sistem hormon, mempengaruhi kromosom pada ovarium, penurunan produksi sperma, dan mengubah fungsi imunitas. Bisphenol-A dapat berpindah ke dalam minuman atau makanan jika suhunya dinaikkan karena pemanasan. SAN dan ABS memiliki resistensi yang tinggi terhadap reaksi kimia dan suhu, kekuatan, kekakuan, dan tingkat kekerasan yang lebih baik. SAN dan ABS merupakan salah satu bahan plastik yang sangat

baik untuk digunakan sehari-hari. Other ini biasanya digunakan pada botol susu, botol air minum, dan galon air isi ulang.

Sampah plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sangat dominan penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Sifat plastik yang ringan, kuat, tahan lama dan murah menyebabkan penggunaan plastik terus meningkat, dari sifat plastik tersebut menjadikan plastik sangat berbahaya bagi lingkungan yang berpotensi sebagai cemaran, selain itu plastik memiliki sifat yang tidak mudah terurai pada tanah maupun perairan, sehingga dapat mengendap dan terakumulasi dalam kurun waktu yang lama (Astuti & Nufus, n.d.).

Penggunaan plastik sudah dilarang melalui Peraturan Gubernur (Pergub) Nomor 142 Tahun 2019 Tentang Kewajiban Penggunaan Kantong Belanja Ramah Lingkungan. Berbeda dengan sampah lain yang dengan mudah dapat diurai oleh mikroorganisme dalam tanah, sampah plastik memiliki rantai karbon yang panjang sehingga membutuhkan waktu ratusan, bahkan ribuan tahun agar dapat hancur secara alami.

#### **D. Pengelolaan Sampah Plastik**

Menurut Neolaka, pengelolaan sampah merupakan pelaksana upaya membangun keindahan dengan proses mengolah sampah yang dilakukan secara konkret juga sistematis antara pemerintah dan atau pengelola dengan masyarakat secara kebersamaan. Notoatmodjo mengemukakan bahwa pada proses pengelolaan sampah adalah mencakup pengumpulan, pengangkutan, proses tersebut merupakan bagian dari

pengelolaan sampah, sampai dengan pemusnahan atau pengolahan sampah sedemikian rupa sehingga sampah tidak membuat tercemarnya lingkungan hidup dan gangguan kesehatan pada masyarakat (Nagong, 2020).

Paradigma lama pengelolaan sampah dengan pendekatan penanganan akhir yaitu “kumpul – angkut – buang” ke TPA sudah saatnya ditinggalkan. Dikarenakan proses penerapan paradigma lama yang dirasa belum efisien maka perlu dilakukan adanya proses pemilahan untuk mempermudah pada proses pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah dilakukan dengan pendekatan yang komprehensif dari hulu, sejak sebelum dihasilkan dari produk yang berpotensi menjadi sampah, sampai ke hilir yaitu pada fase produk sesudah digunakan sehingga menjadi sampah, kemudian dikembalikan secara aman ke media lingkungan. Konsep ini biasa disebut dengan 3 R yaitu *Reduce* (Pengurangan), *Reuse* (Penggunaan kembali), *Recycle* (Pendaaurulangan), dengan menggunakan paradigma baru penanganan sampah yaitu “kumpul – pilah – olah – angkut”.

Pasal 1 nomor 5 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mendefinisikan pengelolaan sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Kegiatan pengurangan sampah diatur dalam Pasal 11 Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga yang meliputi kegiatan pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang sampah, dan/atau pemanfaatan sampah. Kegiatan-kegiatan tersebut. Kegiatan penanganan sampah sebagaimana diatur dalam

Pasal 16 Peraturan Pemerintah tersebut meliputi kegiatan: pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah.

Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah dalam dalam Pasal 1 ayat 5 menyebutkan bahwa pengelolaan sampah adalah kegiatan sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah, Pasal 3 menyebutkan bahwa Pengelolaan sampah diselenggarakan berdasarkan asas tanggung jawab, asas berkelanjutan, asas manfaat, asas keadilan, asas kesadaran, asas kebersamaan, asas keselamatan, asas keamanan, dan asas nilai ekonomi selanjutnya, dalam Pasal 4 menyebutkan bahwa pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat serta kualitas (Firdaus & Kalingga, 2021).

Pengelolaan sampah yang benar diperlukan adanya keterpaduan dari berbagai aspek, mulai dari hulu sampai hilir. Aspek hulu meliputi kegiatan pengelolaan sampah di tingkat penghasil sampah tahap pertama, seperti rumah tangga dan badan usaha. Pengelolaan sampah dari tingkat rumah tangga untuk dikumpulkan di TPS oleh RT/RW.

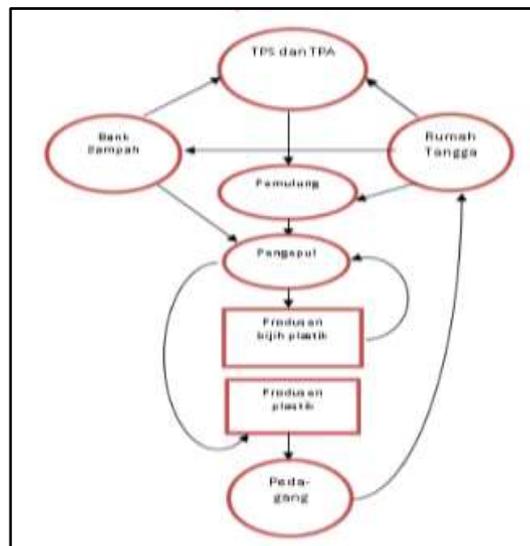
Industri Rumah tangga tentang daur ulang, pemerintah menyediakan dan memfasilitasi beberapa tempat sampah khusus untuk organik dan anorganik. Dengan demikian diharapkan sebelum masyarakat membuang sampah mereka telah memilah dahulu sampah yang dapat didaur ulang dan yang tidak, agar mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dan dibuang ditempat sampah dari masyarakat itu sendiri.

Sampah anorganik yang dapat didaur ulang atau dapat diolah yang dapat menghasilkan nilai ekonomi, untuk sampah organik umumnya tetap di tinggal di tempat sampah kemudian diangkut oleh armada angkutan sampah pemerintah, tetapi dalam pengangkutanya sampah yang sudah di pisah di tempat sampah dicampur kembali dan pengangkutanya hingga ke TPA juga dalam kondisi tercampur antara organik dan anorganik (Kurniaty et al., 2016).

Para pemulung mengumpulkan kantong plastik berdasarkan warnanya, yaitu bening (tidak berwarna) atau yang berwarna, dan botol-botol plastik. Kantong plastik yang dikumpulkan oleh pengepul selanjutnya akan disortir oleh pengepul, karena pengepul hanya mengumpulkan sampah plastik dari jenis PP dan HDPE. Menurut Putra & Yuriandala (2010), *plastic propilen* (PP) memiliki titik cair tinggi, lebih tahan terhadap bahan kimia, dan sesuai digunakan untuk menyimpan makanan, minuman, dan obat. Sementara, plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sering digunakan untuk membuat botol untuk kemasan detergen, susu, dan pemutih. Biasanya plastik PP didaur ulang menjadi sikat dan sapu, sedangkan HDPE dapat didaur ulang menjadi ember dan pipa. Plastik-plastik yang dikumpulkan pengepul selanjutnya akan dijual ke pabrik penghasil bijih plastik. Setelah diolah, bijih plastik akan dibeli lagi oleh pengepul yang akan menjualnya ke pabrik pembuat barang-barang plastik. Akhirnya, plastik daur ulang tersebut akan kembali lagi kepada pengguna.

Para pengolah sampah plastik dalam hal ini merupakan sektor informal dan sektor formal yang terdiri atas pemulung, pengepul, pengelola Bank Sampah, dan pemerintah.

Adapun alur pengelolaan sampah plastik sebagai berikut. Dari proses pengumpulan serta pengelolaan yang memilah sampah plastik berdasarkan warna dan jenisnya yang dapat mengerakan ekonomi sirkular masyarakat, yang mana setiap bagian dari limbah plastik memiliki harga dan nilai jual masing-masing. Namun, dalam proses pengelolaan lanjutan nantinya di perlukan alat pemilahan yang dapat mengefesinkan dalam proses pemilahan. Sehingga ekonomi sirkular dapat terlaksana secara baik dan efisien mulai dari pihak pertama dan akhirnya sampai pada tahap pengelolaan.



Gambar 2.3 Alur Pengelolaan Sampah Plastik  
Sumber: (Septiani et al., 2019)

Gambar diatas menyajikan alur pengolahan sampah plastik di kota Salatiga. Tahap pertama pengolahan sampah plastik dimulai dari rumah tangga yang merupakan penghasil sampah. Umumnya, masyarakat masih

membuang sampah tanpa memisahkan sampah dapur dari plastik, kaleng, dan kaca. Berdasarkan pengamatan dan hasil wawancara, sampah-sampah rumah tangga biasanya dikumpulkan oleh pengangkut sampah keliling yang akan membawanya ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS).

#### E. *Hardware*

Perangkat keras komputer adalah segmen dari peralatan bentuk komputer yang dapat dirasakan, dilihat oleh panca indra, dan dapat digunakan untuk menjalankan petunjuk dari perangkat lunak (*software*). Perangkat keras memainkan peran yang sangat diperlukan dalam kinerja seluruh sistem komputer. Menurut para ahli mereka di bidang perangkat keras.

1. Arizaki Ali Zaki berpendapat bahwa, konsep perangkat keras adalah unit yang dapat dilihat dari sebuah komputer, termasuk sirkuit digital pada peralatan komputer.
2. Raya Fahreza Raya Fahreza berpendapat bahwa, perangkat keras adalah unit dari komputer dan dapat dioperasikan sesuai dengan petunjuk perangkat lunak.
3. Wilman dan Riyan R. Wilman dan Riyan berpendapat bahwa, pengertian perangkat keras merupakan suatu rangkaian perangkat elektronika yang dipadatkan di telepon genggam, dan fungsi-fungsi yang berhubungan dengan perangkat tersebut menjadi bagian yang tidak terpisahkan. tak terpisahkan.

4. Rainer Dalam pandangan Rainer, perangkat keras adalah perangkat fisik dalam komputer, seperti prosesor, monitor, keyboard, dan printer. Fungsi perangkat keras adalah untuk memperoleh data/informasi, membuat informasi asli dan menampilkannya sebagai informasi baru yang berguna.
5. James O'Brien James O'Brien percaya bahwa perangkat keras merupakan semua perangkat yang dipakai untuk memperoleh informasi, termasuk CPU, RAM, monitor, mouse, keyboard, printer, pemindai, dll (A. R. Lubis, 2020).

Adapun beberapa komponen *hardware* yang di gunakan pada perancangan alat pemilah sampah plastik otomatis dengan menggunakan sistem sensorik RGB adalah motor servo, sensor RGB, ESP32, *power supply*, LCD, kabel jumper, QR code, LED.

1. Sensor RGB (*Red, Green, Blue*)

Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi dan mengetahui *magnitude* tertentu. Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor memegang peranan penting dalam mengendalikan proses pabrikasi modern (Desmira, 2022).



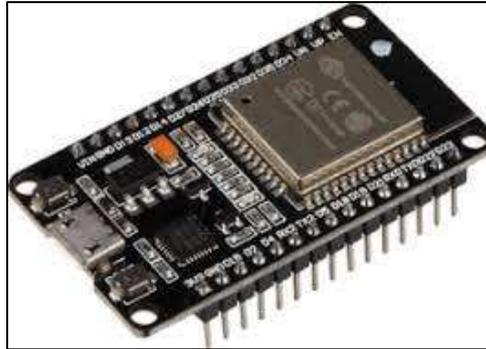
Gambar 2.4 sensor RGB

RGB merupakan komponen warna yang terdiri dari warna *red* (Merah), *green* (Hijau), dan *Blue* (Biru) warna tersebut merupakan warna dasar dari sensor RGB, penelitian kali ini menggunakan jenis sensor sensor RGB-TCS34725. Warna tersebut di satukan sehingga menghasilkan beberapa komponen warna. Sama seperti pada pengaplikasian pada sensor RGB ini yang sifatnya mengandalkan tiga warna primer, dan di kombinasikan untuk menghasilkan warna baru. Sensor RGB bertugas untuk mendeteksi warna dari masing-masing jenis limbah plastik yang akan di pilah sesuai dengan jenisnya nantinya.

## 2. ESP32 (*Espressif System*)

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System dan berfungsi untuk menampung dan memproses semua port dan ic sehingga bisa mengontrol driver sehingga port atau device yang terhubung ke Mikrokontroler tersebut dapat berjalan dengan baik. Mikrokontroler ini juga memiliki kemampuan untuk terhubung dengan internet melalui jaringan wireless tanpa tambahan board lagi karena sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat

mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* (AMELIA, 2021).



Gambar 2.5 microkontroler ESP32  
(Sumber : Raharja, 2022)

Microkontroler ESP32 berfungsi sebagai alat yang mengelola data masuk yang di baca oleh sensor. Kemudian mengirimkan sinyal kepada motor servo sebagai penggerak untuk membuka katup pemisah antar kotak penampung pada alat pemilah sampah otomatis. Microkontroler ESP32 sendiri dipilih untuk digunakan dikarenakan memiliki harga yang ekonomis serta fitur yang di tawarkan terbilang cukup bagus, serta penggunaan daya yang relatif rendah sehingga dapat menghemat penggunaan daya. Microkontroler ESP32 juga di lengkapi dengan modul WIFI yang terkoneksi dengan chip microkontroler. Selain di lengkapi dengan modul WIFI, ESP32 juga memiliki modul bluetoot dengan mode ganda tersebut di tambah penggunaan daya yang rendah menjadikan microkontroler ESP32 tepat dan lebih fleksibel untuk di gunakan pada penelitian kali ini.

### 3. Motor servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke

rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya (AMELIA, 2021).



Gambar 2.6 motor servo  
(Sumber: Elektronika, 2013)

Pada penelitian kali ini motor servo digunakan sebagai alat gerak, yang menggerakkan katup penutup pada prototipe pemilah sampah plastik. Motor servo akan menggerakkan katup penutup ketika menerima perintah dari sensor yang membaca sampah plastik dari data yang telah di olah pada ESP32. Sehingga secara otomatis limbah plastik akan masuk kedalam bak penampung secara terpisah dan tidak tercampur dengan jenis lainnya.

#### 4. *Adaptor Power Suplly*

Power supply merupakan salah satu sumber daya listrik yang digunakan untuk mensuplai peralatan elektronik yang membutuhkan tegangan DC (Direct Current). Power supply didapat dari hasil penyerahan arus bolak-balik AC (Alternating Current) yang bersumber dari tegangan jala-jala 220 VAC. Hasil penyerahan power

supply ini masih banyak ripple, sehingga catu daya DC yang paling baik adalah baterai (Enny, 2018).

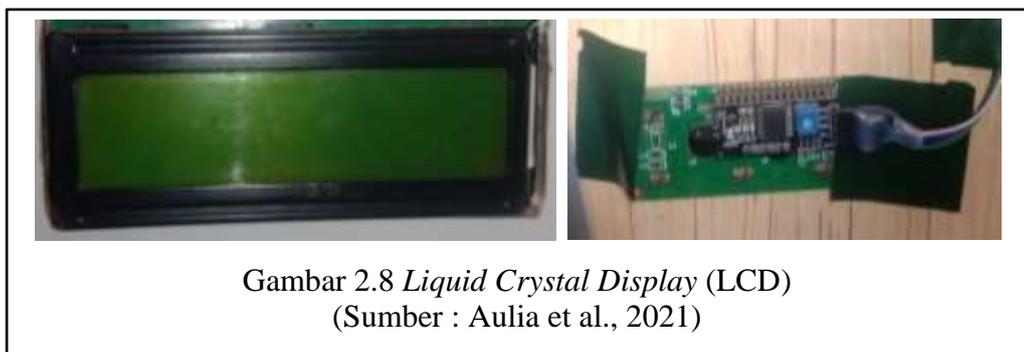


Gambar 2.7 *power supllly*  
(Sumber : Enny, 2018).

Power supllly sendiri digunakan untuk mensuplai data pada alat yang membutuhkan arus DC. Pada alat pemilah sampah plastik, penyuplai daya yang digunakan adalah power supllly dengan daya AC input:  $110/220V \pm 15\%$  dan DC output:  $5V3A$ .

##### 5. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Merupakan peralatan elektronik yang berfungsi untuk menampilkan output sebuah sistem dengan cara membentuk suatu citra atau gambaran pada sebuah layar. Secara garis besar komponen penyusun lcd terdiri dari kristal cair (liquid crystal) yang diapit oleh 2 buah elektroda transparan dan 2 buah filter polarisasi (polarizing filter) (Aulia et al., 2021).



Gambar 2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*  
(Sumber : Aulia et al., 2021)

Liquid Crystal Display (LCD) pada penelitian kali ini berfungsi sebagai petunjuk informasi, yang mana LCD akan menampilkan keterangan sampah plastik yang di pilah menggunakan mesin pemilah sampah otomatis. LCD tersebut akan secara otomatis memunculkan keterangan saat jenis limbah plastik terdeteksi oleh mesin. Penggunaan LCD sendiri di tujukan agar masyarakat dapat dengan mudah melihat serta mendapatkan informasi berkaitan dengan limbah plastik yang telah mereka buat serta memberikan pemahaman terkait jenis-limbah plastik.

#### 6. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah Salah satu komponen yang cukup penting dalam membuat arangkaian. kabel jumper adalah kabel elektrik yang memiliki pin konektor di setiap ujungnya. Intinya kegunaan kabel jumper ini adalah sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik.



Gambar 2.9 kabel jumper  
(Sumber : Aldyrazor, 2020)

Kabel jumper difungsikan sebagai penghubung atau konduktor untuk menghubungkan listrik pada beberapa bagian komponen

pemilah sampah plastik. Sehingga seluruh komponen alat pemilah sampah plastik yang membutuhkan energi dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

#### 7. Kode QR (*Quick Response*)

QR code adalah sebuah tanda dagang dari tipe kode batang matriks, dimana kode tersebut di kembangkan pertama kali pada industri otomotif di Jepang (Setyawan et al., 2022).

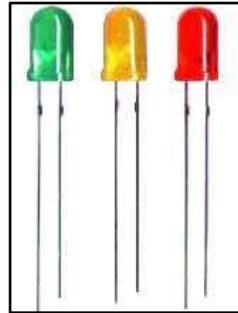


Gambar 2.10 QR code  
(Sumber : Setyawan et al., 2022)

QR code merupakan kode yang dapat di akses dengan di pindai menggunakan aplikasi di gawai. Penggunaan QR code dimaksudkan agar lebih mengefesienkan serta lebih efektif dan dalam penyampaian informasi. Pada alat pemilah plastik ini juga penggunaan QR code agar mempermudah konsumen untuk mengakses data-data dari sampah plastik dan juga menjadi media informasi kepada masyarakat. Di dalam QR code sendiri berisi tentang limbah plastik serta informasi-informasi lainnya secara mendetail. Hal ini bertujuan untuk kembali menambah pemahaman dan pengetahuan masyarakat tentang limbah plastik serta dampak apa saja apabila plastik tersebut tidak di kelola dengan baik.

## 8. LED (*Light-Emitting Diode*)

LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. Cara kerja LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari Anoda menuju ke Katoda.

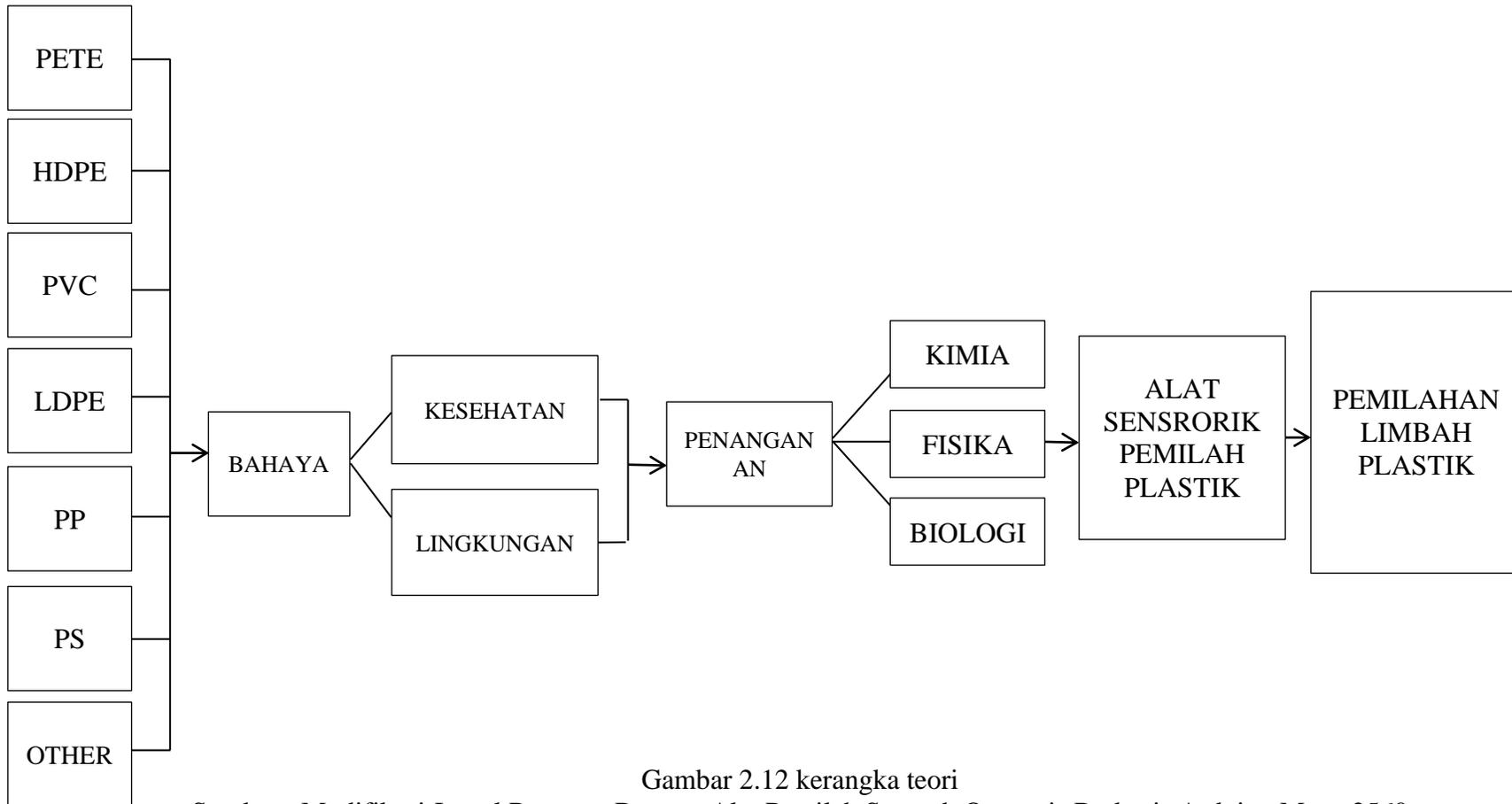


Gambar 2.11 LED (*Light-Emitting Diode*)  
(Sumber : Desmira, 2022)

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (impurity) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED di aliri tegangan maju atau bias forward yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (Desmira, 2022).

LED sendiri di gunakan untuk untuk memberikan informasi warna plastik dan jenis yang terdeteksi serta bak penampung mana yang terbuka. Penggunaan LED pada alat pemilah sampah plastik menggunakan beberapa warna yang di letakan pada bagian depan alat. LED akan secara otomatis menyala saat limbah plastik terdeteksi dan katup pemilah limbah plastik terbuka.

## F. Kerangka Teori



Gambar 2.12 kerangka teori

Sumber : Modifikasi Jurnal Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560

### G. Kerangka Konsep



Gambar 2.13 Kerangka Konsep