



Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

BAB II

PUSAT DAUR ULANG PLASTIK DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Pusat Daur Ulang Plastik

2.1.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Plastik sebagai Bahan Baku

Bahan baku plastik memiliki kelebihan dan kekurangan terhadap pemakaian maupun spesifikasi bahan baku plastik, berikut penjabarannya:

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Material Plastik

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none">- Tahan lama- Tahan air- Anti lapuk- Fleksibel- Dapat diwarnai- Tidak mahal- Perawatan mudah- Ringan- Beberapa dapat didaur ulang- Dapat dibentuk- Tidak korosi- Mampu mengurangi kebisingan	<ul style="list-style-type: none">- Terbuat dari bahan bakar fosil- Adanya limbah produk setelah produksi (sampah plastik)- Mengandung zat kimia sehingga dapat merilis racun ke udara saat diproduksi

Sumber: (Calkins, 2009; Brophy & Lewis, 2011; Ching, 2008; Kurniasari, Swastikirana, Pabinti, & Noviandri)

2.1.1.2 Plastik HDPE

Plastik *High Density Polyethylene* atau HDPE adalah plastik dengan densitas tinggi sekali pakai. Sebagian besar plastik industrial terbuat dari petrokimia atau bahan kimia yang berasal dari bahan bakar fosil. Plastik memiliki sifat yang tidak hancur ataupun rusak saat dibentuk ulang (Helmenstine, 2020; Ching, 2008). Berikut penjelasan dan klasifikasi jenis plastik HDPE:

Tabel 2.2 Spesifikasi Plastik Jenis HDPE

Jenis	Sifat	Kelebihan	Kekurangan	Keamanan Daur Ulang	Contoh
HDPE (2)	<ul style="list-style-type: none"> - stabil secara termal - struktur tarik kuat - tahan lama karena masa degradasi yang lama. - Kuat karena densitasnya tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Murah - tahan bahan kimia - isolator listrik 	<ul style="list-style-type: none"> - mudah terbakar - ketahanan UV yang buruk sehingga warna memudar - melendut jika terkena panas dalam waktu lama - Menyusut - beracun jika terbakar/ dipanaskan melebihi suhu 210⁰C - licin 	Aman	<ul style="list-style-type: none"> - Tutup botol - botol <i>shampoo</i> - botol deterjen - pipa - mainan - mangkuk

Sumber: (precious plastic, n.d.; Aprilia, 2021; Calkins, 2009)

2.1.2 Daur Ulang Plastik

Daur Ulang adalah salah satu cara mengolah limbah plastik dengan mengumpulkan dan menggunakan kembali suatu material sehingga tidak dibuang menjadi sampah yang mencemari lingkungan dan menjadikan material tersebut suatu produk yang baru (Recycling Basics, n.d.). Pada penelitian ini bahan daur ulang yang digunakan adalah plastik jenis HDPE. Dalam mendaur ulang perlu dilakukan pengumpulan, penyortiran, pembersihan, pencacahan dan memisahkan jenis plastik yang tercampur dengan jenis lain agar dapat diproses dengan aman (Hopewell, Dvorak, & Kosior, 2009).

Alat yang dibutuhkan untuk mendaur ulang sampah plastik yaitu mesin penghancur, mesin ekstrusi, mesin injeksi dan mesin penekan. Sebagian besar cara mengolah plastik adalah dengan cara dicetak. Sebelum dicetak plastik jenis HDPE dilelehkan pada suhu 210⁰C (Jureviciute, 2019; precious plastic, n.d.). Proses daur ulang material antara lain:

1. Material Ubin Plastik:

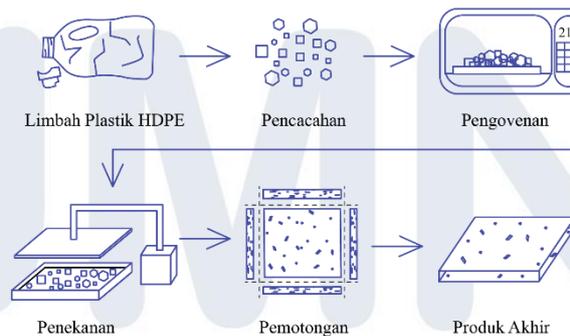


Diagram 2.1 Proses Pembuatan Ubin Daur Ulang
(Sumber: Penelitian Winnerdy & Laoda dan diolah kembali, 2021)

Proses dalam membuat material ubin plastik yaitu mengelompokkan plastik sesuai warna agar mudah diolah, kemudian plastik dicuci agar tidak terkontaminasi kotoran. Untuk menghasilkan 1 modul ubin plastik dibutuhkan 750 gr plastik. Agar

mudah dilelehkan, plastik dicacah menjadi partikel lebih kecil. Selanjutnya, proses pengovenan selama 40 menit di suhu 210⁰C untuk melelehkan plastik. Setelah meleleh plastik ditekan agar lebih padat dan mendingin. Modul yang sudah jadi dipotong untuk merapikan bentuk material agar sesuai ukuran dan dapat digunakan (Winnerdy & Laoda, 2020; Jureviciute, 2019).

2. Material Batako Plastik:

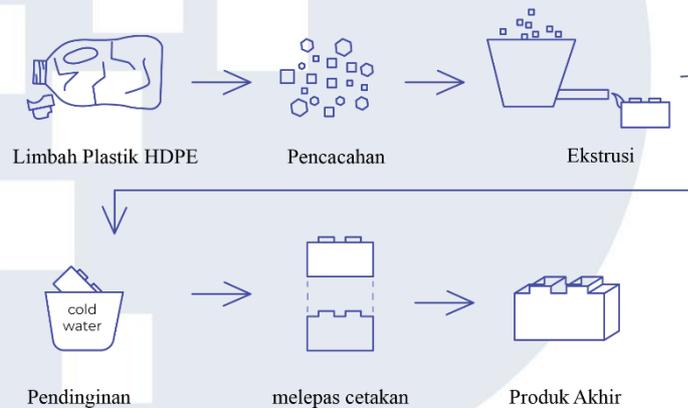


Diagram 2.2 Proses Pembuatan Batako Daur Ulang
(Sumber: Penelitian Dickens dan diolah kembali, 2021)

Proses pembuatan batako plastik adalah dengan mencacah plastik HDPE yang telah dikumpulkan. Banyak plastik yang digunakan untuk mengolah 1 batako adalah 1,5 kg. Proses ekstrusi dilakukan untuk melelehkan plastik ke dalam cetakan dengan suhu 200⁰C selama 4 menit. Kemudian, cetakan di rendam air dingin dan batako plastik dapat digunakan setelah dilepas dari cetakan. Bata plastik merupakan modul yang dapat menyatu dengan batako lainnya tanpa menggunakan perekat (Dickens, 2020).

3. Material Kayu Plastik:

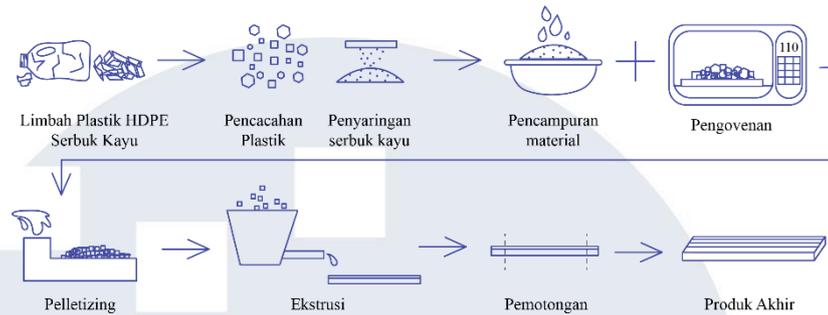
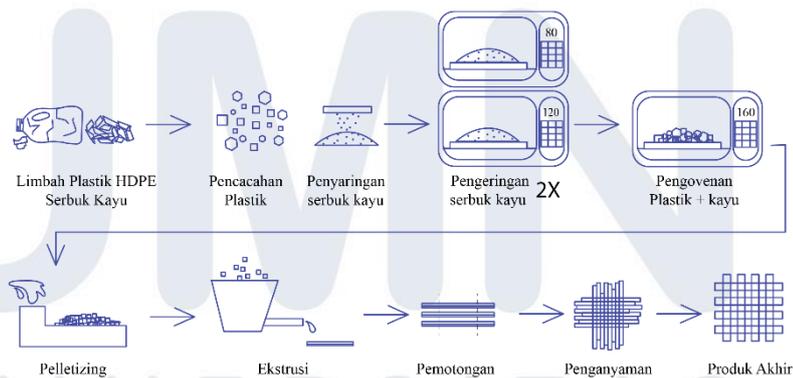


Diagram 2.3 Proses Pembuatan Material Kayu Plastik Daur Ulang
(Sumber: Penelitian Ilham Sudrajad dan diolah kembali, 2021)

Proses membuat material kayu plastik antara lain plastik HDPE dicacah, kemudian serbuk kayu jati disaring. Selanjutnya, proses pencampuran plastik dan serbuk kayu jati menggunakan resin, anti UV, antioksidan dan pewarna. Pada proses pencampuran kedua material juga dilelehkan bersamaan dalam suhu 110°C selama 25 menit. Kemudian campuran dijadikan pelet menggunakan mesin selama 12 jam setelah itu dilakukan ekstrusi untuk mencetak pelet menjadi WPC. Setelah dicetak WPC dipotong sesuai dimensi (Sudrajad, 2020).

4. Material Rotan Sintetis:



Proses membuat material rotan sintetis antara lain mengeringkan serbuk kayu di oven dengan suhu 80°C selama 24 jam. Setelah kering, serbuk kayu dicampur dengan etanol dan diaduk selama 6 jam, lalu dikeringkan lagi pada suhu 120°C selama 24 jam.

Selanjutnya, plastik HDPE dicacah dan dilelehkan pada suhu 150-160⁰C, lalu dicampur dengan serbuk kayu dan dijadikan pelet. Setelah itu, pelet diekstrusi agar pelet menjadi rotan sintesis, lalu hasil cetakan dipotong dan dianyam sesuai motif yang diinginkan (Phukringsri & Hongsriphan).

5. Material Fasad LDPE:

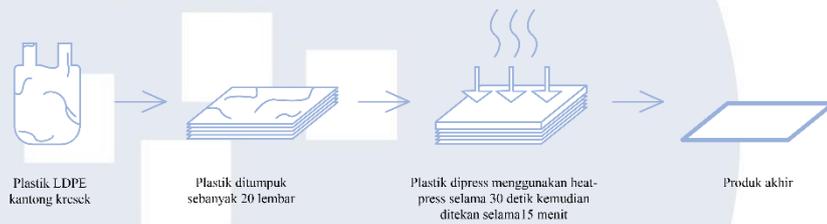


Diagram 2.5 Proses Pembuatan Material Fasad LDPE (Sumber: Penelitian Shea, Sandy & Gavrila dan diolah kembali,2021)

Proses pembuatan fasad LDPE membutuhkan kantong plastik jenis LDPE yang biasa dikenal sebagai kantong kresek. Dalam 1 modul fasad dibutuhkan 20 lembar plastik. Plastik yang telah ditumpuk kemudian dipress menggunakan mesin heatpress selama 30 detik lalu ditekan menggunakan alat. Proses dilakukan kembali pada sisi sebaliknya (Shea, Sandy, & Gavrila, 2021). Modul fasad LDPE ini bersifat *translucent* dan kaku sehingga dapat digunakan sebagai *secondary skin* dengan fungsi mengurangi masuknya cahaya matahari berlebih.

2.1.3 Alat Daur Ulang Plastik

Berikut merupakan alat yang dibutuhkan untuk mendaur ulang plastik beserta spesifikasinya:

Tabel 2.3 Alat Daur Ulang Plastik

Alat	Dimensi	Berat	Output	Daya	Fungsi
Mesin cacah	280 x 600 x 1142 mm	90 kg	±10 kg/h	4 kW	Mencacah plastik menjadi lebih kecil

Mesin ekstrusi	1500 x 600 x 1550 mm	110 kg	±20 kg/h	5 kW	Melelehkan plastik
Mesin injeksi	830 x 700 x 1300 mm	23 kg	10-30 kali injeksi tergantung pada cetakan	1,4 kW	Melelehkan plastik ke dalam cetakan
Mesin tekan/press	1620 x 1620 x 1780 mm	450 kg	1 cetakan 40 menit, tergantung besar cetakan, muat hingga 1x1m	15 kW	Untuk menekan lelehan plastik pada cetakan
Mesin Mixing	2900 x 2300 x 2500 mm	2000kg	800 kg/h	75 kW	Mencampur plastik dan komposit
Mesin Pelletizing	6000 x 2300 x 2300 mm	300 kg	250 kg/h	45 kW	Membuat pellet hasil campuran
Mesin Potong	630 x 455 x 750 mm	24 kg		20 kW	Memotong modul
Oven	1300 x 870 x 1670 mm	335 kg	3 deck 6 loyang 60 x 40	0,4 kW	Melelehkan plastik

Sumber: (precious plastic, n.d.; Phukringsri & Hongsriphan; Sudrajad, 2020)

2.1.4 Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan adalah rancangan yang menambah kualitas lingkungan dan melindungi kehidupan. Rancangan

berkelanjutan adalah rancangan yang meningkatkan kualitas hidup serta mengurangi bahkan menghilangkan kebutuhan akan energi yang tidak dapat diperbarui. Rancangan terbuat dari energi yang dapat diperbarui dan bukan berasal dari bahan bakar fosil, serta mengefisiensikan penggunaan material untuk bisa digunakan ulang atau didaur ulang. Rancangan berkelanjutan juga berfokus pada pengguna, dimana rancangan tersebut dapat membuat produktivitas di dalamnya menjadi lebih baik. Serta menjadikan rancangan dengan harga terjangkau (Williams, 2007; Kibert, Sendzimir, & Guy, 2002).

2.1.5 Strategi dan Metode Arsitektur Berkelanjutan

Strategi berkelanjutan pada bangunan dibuat dengan melihat sisi penggunaan material lingkungan, kemanusiaan dan ekonomi. Tiga kategori tersebut perlu dipenuhi untuk mencapai bangunan berkelanjutan (Akadiri, Chinyio, & Olomolaiye, 2012; Calkins, 2009; Kibert, Sendzimir, & Guy, 2002). Strategi Konservasi sumber daya merupakan pendekatan terhadap permasalahan lingkungan, efisiensi biaya merupakan pendekatan terhadap permasalahan ekonomi dan rancangan untuk kehidupan manusia merupakan pendekatan terhadap permasalahan sosial. Berikut penjabaran strategi dan metode rancangan berkelanjutan:

2.1.5.1 Konservasi Sumber Daya

Tujuan dari strategi ini adalah mendapatkan lebih banyak bahan baku dengan penggunaan yang sedikit. Metode yang digunakan adalah konservasi energi, material, air, dan tanah/tapak (Akadiri, Chinyio, & Olomolaiye, 2012; Calkins, 2009). Metode pada strategi ini antara lain:

1. Konservasi energi dengan tujuan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan menggunakan lebih banyak energi yang dapat diperbarui. Caranya dengan memilih metode

konstruksi yang efektif, dan memilih material dengan *embodied energy* yang sedikit, membuat insulasi bangunan efektif, dan bangunan yang dibangun dapat digunakan kembali materialnya untuk konstruksi bangunan lain, mengurangi emisi yang membuat polusi seperti menggunakan material dengan sumber yang dekat sehingga tidak memerlukan waktu dan jarak transportasi yang jauh.

2. Konservasi material merupakan metode mengurangi penggunaan bahan baku dari alam dan mengurangi eksploitasi lingkungan. Dengan menggunakan desain material untuk mengurangi limbah, menggunakan material yang tahan lama, menggunakan material alam dan lokal, desain untuk mengurangi/mencegah polusi, menggunakan material *non-toxic* atau *less-toxic*.
3. Konservasi air yaitu metode untuk mengurangi dan menggunakan air secara efektif dan efisien
4. Konservasi tanah/tapak metode untuk menggunakan tapak secara efektif dan efisien

2.1.5.2 Efisiensi Biaya

Dalam membangun sebuah bangunan diperlukan adanya biaya. Biaya tersebut akan terjangkau apabila rancangan dan material bangunan sesuai dengan kebutuhan (Akadiri, Chinyio, & Olomolaiye, 2012). Metode yang dilakukan antara lain:

1. *Initial cost* yaitu untuk mengurangi biaya dengan cara penggunaan material lokal, teknologi konstruksi yang hemat, penggunaan modul dan material standar, menggunakan material yang sudah siap pakai, menggunakan material yang didaur ulang dari proses konstruksi lain.

2. *Cost in use* yaitu mengefisiensikan biaya saat penggunaan bangunan dengan cara membuat sistem yang mudah dirawat, menggunakan material dengan perawatan mudah, desain bangunan harus aman dari iklim dan bencana.
3. *Recovery cost* adalah biaya pembongkaran dan pengambilan material dengan cara merencanakan penggunaan material yang dapat digunakan kembali saat gedung dibongkar, penggunaan kembali bangunan, menggunakan material pada bangunan lama untuk bangunan baru.

2.1.5.3 Rancangan untuk Kehidupan Manusia

Strategi untuk menyediakan lingkungan yang sehat serta nyaman untuk manusia (Akadiri, Chinyio, & Olomolaiye, 2012; Calkins, 2009; Kibert, Sendzimir, & Guy, 2002). Metode yang dilakukan antara lain:

1. Melindungi kesehatan dan kenyamanan dengan cara memperhatikan kenyamanan termal serta kebisingan yang akan terdengar, pencahayaan natural, ventilasi natural, fungsi bangunan dan keindahan bangunan.
2. Keamanan sumber daya fisik dengan cara memperhatikan proteksi terhadap api, tahan bencana alam, dan melindungi dari tindak kriminal.

2.1.6 *Waste to Energy*

Waste to energy merupakan teknologi yang mengubah sampah menjadi segala bentuk energi. Energi yang dihasilkan dari sampah dapat berupa listrik, bensin, serta panas (L, Piamonti, & Tarhini, 2013). Diperlukan mesin pirolisis untuk mengubah sampah menjadi

bahan bakar kendaraan. Hasil dari bahan bakar tersebut juga dapat diubah menjadi listrik dengan menggunakan mesin generator listrik (Kuncoro, Ma'muri, & Wisnugroho, 2019).

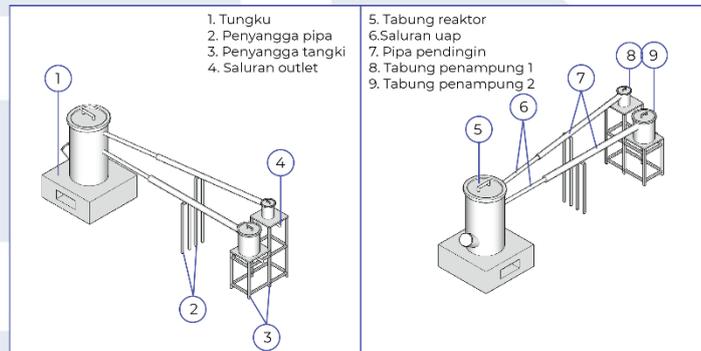


Diagram 2.6 Mesin Pirolisis Sederhana

(Sumber: Penelitian Kuncoro, Ma'muri & Wisnugroho dan diolah kembali, 2022)

Cara kerja mesin pirolisis adalah dengan memanaskan sampah plastik dalam suhu tertentu di dalam wadah tanpa oksigen. Proses tersebut akan membuat plastik menjadi cair dan berubah menjadi uap atau gas. Uap atau gas tersebut akan berpindah ke wadah lain dan menjadi bahan bakar. Mesin pirolisis dapat dibuat dengan material yang mudah ditemukan. Pada mesin ini dibutuhkan tungku pembakaran, tabung reaktor, pipa dan juga tabung penampung (Kuncoro, Ma'muri, & Wisnugroho, 2019).

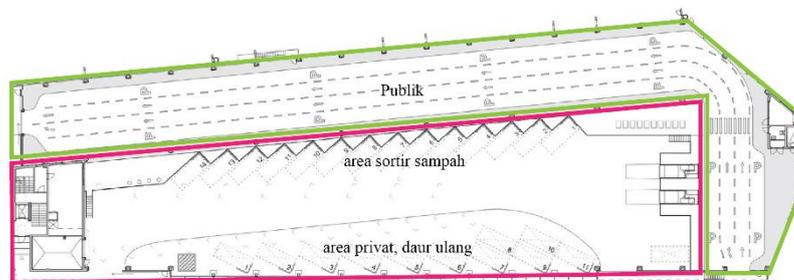
Jenis plastik yang dapat digunakan untuk membuat bahan bakar antara lain HDPE, PP dan PET. Terdapat 3 tahap dalam proses mesin pirolisis yaitu mempersiapkan sampah plastik, pemanasan sampah plastik dalam mesin pada suhu 300-500°C, kemudian memilah hasil minyak yang menetes. Mesin mampu mengubah 1 kg plastik menjadi 1 liter bahan bakar dalam waktu 5 menit. Untuk mengubah bahan bakar menjadi listrik dibutuhkan mesin generator listrik tenaga bensin yang dapat disesuaikan kebutuhan daya listrik pada bangunan. (Kuncoro, Ma'muri, & Wisnugroho, 2019).

2.2 Studi Preseden Pusat Daur Ulang

2.2.1 Pusat Daur Ulang Smestad, Norwegia



Pusat daur ulang Smestad merupakan karya dari Longva Arkitekter yang terletak di Oslo, Norwegia pada tahun 2015. Pusat daur ulang ini memiliki fasilitas pengumpulan sampah dengan cara menyortir sampah mandiri. Pengumpulan sampah dapat dilakukan menggunakan mobil pribadi untuk publik dan memasukan sampah ke dalam tempat yang sudah dikelompokkan per-tipe. Luas dari bangunan ini adalah 6000 m².



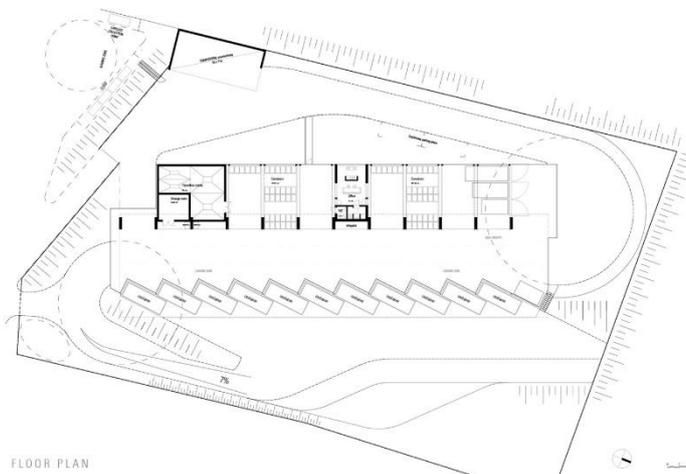
Gambar 2.2 Denah Pusat Daur Ulang Smestad
(Sumber: Archdaily dan diolah kembali, 2022)

Bangunan ini merupakan ruang terbuka yang dibagi menjadi dua area yaitu area publik dan area daur ulang. Pada area daur ulang terdapat tempat untuk daur ulang yang dipisahkan antara yang berbahaya dan tidak, ruang kerja, ruang ganti dan kantin untuk pekerja. Pada area publik terdapat tempat pengumpulan sampah dengan sistem sirkulasi yang efektif untuk mobilitas penyumbang sampah.

2.2.2 Pusat Pengumpulan Material Daur Ulang, Austria



Bank sampah yang terletak di Austria ini merupakan karya dari RUHM Architekten pada tahun 2019. Luas bangunan ini 1880 m². Pada bangunan ini fungsinya adalah menampung segala jenis sampah. Namun, sampah tidak diolah dalam bangunan ini. Bangunan dibuat terbuka untuk publik sehingga, publik dapat ikut mengumpulkan dan mensortir sampah.



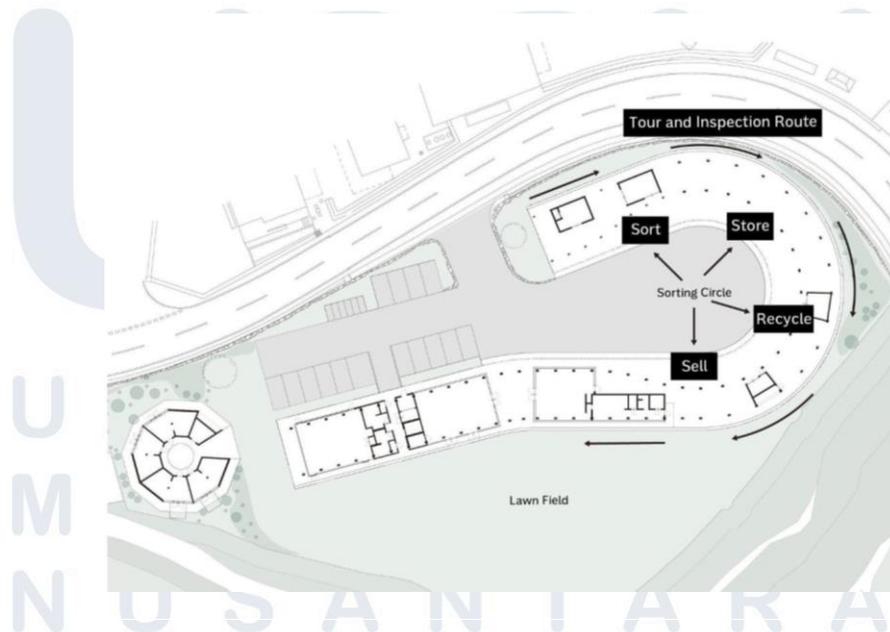
Pada bangunan ini hanya dapat diakses menggunakan kendaraan. Terdapat ruang kerja untuk pekerja mengatur proses perpindahan sampah. Pada bangunan ini sampah berbahaya dan sampah kompos

dipisahkan dari sampah yang lain. Sampah berbahaya ditempatkan di tempat tertutup dan sampah kompos diletakan jauh dari bangunan utama.

2.2.3 Kamikatsu Zero Waste Center, Jepang



Pusat daur ulang ini dibangun pada tahun 2013 di Jepang dan merupakan karya dari Hiroshi Nakamura. Pusat daur ulang ini dibuat karena daerah Kamikatsu terkenal memiliki komunitas daur ulang dan akan selalu memanfaatkan semua bentuk sampah. Selain mengurangi sampah, tujuan dari bangunan ini adalah sebagai tempat turis berkunjung dan meningkatkan pendapatan di daerah tersebut. Program yang ada



dalam bangunan ini antara lain edukasi, *thrift shop*, area publik, laboratorium serta hotel.

Pusat daur ulang memiliki bentuk yang unik. Pada bagian tengah berbentuk lingkaran yang juga ditunjukkan sebagai alur daur ulang pada ruang yang tersedia. Pada bagian tengah terdapat kegiatan memisahkan, menyimpan, mendaur ulang dan menjual sampah. Sedangkan, dibagian luar lingkaran merupakan rute untuk berkeliling melihat kegiatan daur ulang agar sirkulasi keduanya tidak terganggu.

2.2.4 Kesimpulan Studi Preseden Pusat Daur Ulang

Tabel 2.4 Perbandingan 3 Studi Kasus Pusat Daur Ulang

	Pusat Daur Ulang Smestad	Pusat Pengumpulan Material Daur Ulang	Kamikatsu Zero Waste Center
akses	Menggunakan kendaraan	Menggunakan kendaraan	Tidak menggunakan kendaraan
Sistem Pengumpulan Sampah	Mandiri	mandiri	mandiri
Pemisahan sampah	Jenis sampah berbahaya dipisah jauh	Jenis sampah berbahaya dipisah dan dibuat tertutup, sampah kompos diletakan jauh dari yang lain dan tertutup.	Diletakkan di ruang terbuka namun tetap dipisahkan per jenis

Program	Area sortir sampah, tempat untuk daur ulang yang dipisahkan antara yang berbahaya dan tidak, ruang kerja, ruang ganti dan kantin untuk pekerja	Ruang mengumpulkan sampah berdasar tipe, ruang sampah berbahaya, ruang sampah kompos, kantor pengelola.	Pusat daur ulang, area edukasi, <i>thrift shop</i> , area berkumpul publik, laboratorium, dan hotel
Zoning	Area publik untuk menyumbangkan sampah, area private untuk mengolah sampah.	Area publik untuk menyumbangkan sampah, area private berupa kantor pengelola	Area publik yang dapat diakses semua orang

Sumber: data penulis, 2022

