

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Deskripsi Sampah

2.1.1 Pengertian Sampah

Sampah merupakan sisa buangan dari suatu produk atau barang yang sudah tidak digunakan lagi, tetapi masih dapat didaur ulang menjadi barang yang bernilai guna (Munthe et al., 2023). Sampah dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, termasuk kegiatan rumah tangga, industri, pertanian, serta komersial. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan yang berkontribusi terhadap berbagai permasalahan, seperti banjir, pencemaran udara, dan gangguan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sistem pengelolaan sampah yang efektif sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan lingkungan serta mendukung keberlanjutan ekosistem.

2.1.2 Jenis-Jenis Sampah

Secara umum, sampah dapat digolongkan menjadi dua jenis utama, yaitu sampah organik dan sampah anorganik (Utami & Fitria Ningrum, 2020). Sampah organik terdiri dari sisa makhluk hidup yang mudah terurai secara alami melalui proses biologis, seperti sisa makanan, daun kering, dan ranting pohon. Jenis sampah ini dapat dimanfaatkan kembali melalui teknik pengomposan yang menghasilkan pupuk alami bagi tanah. Sementara itu, sampah anorganik terdiri dari bahan-bahan non-hayati yang cenderung sulit terurai, seperti plastik, kaca, logam, dan karet. Sampah anorganik memerlukan metode pengelolaan khusus, seperti daur ulang atau pemanfaatan kembali, untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Selain dua jenis utama tersebut, terdapat pula sampah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), seperti limbah medis dan elektronik, yang membutuhkan perlakuan khusus agar tidak mencemari ekosistem.

2.2 Tinjauan Sampah Plastik

2.2.1 Pengertian Sampah Plastik

Sampah plastik merupakan salah satu jenis sampah anorganik yang terbuat dari bahan polimer sintetis yang sulit terurai secara alami (Utami & Fitria Ningrum,

2020). Plastik digunakan secara luas dalam berbagai sektor, mulai dari kemasan makanan, alat rumah tangga, hingga industri manufaktur, karena sifatnya yang ringan, tahan air, dan fleksibel. Namun, karena ketahanannya yang tinggi, plastik memerlukan waktu hingga ratusan tahun untuk terurai di alam. Akumulasi sampah plastik yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, terutama di lautan, di mana plastik dapat merusak ekosistem perairan dan membahayakan kehidupan biota laut.

2.2.2 Bahaya Sampah Plastik

Sampah plastik memiliki dampak negatif yang sangat besar terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu masalah utama yang ditimbulkan adalah pencemaran tanah dan air, karena plastik yang sulit terurai dapat bertahan dalam lingkungan selama ratusan tahun (Gunadi et al., n.d). Selain itu, mikroplastik yang berasal dari pecahan plastik berukuran kecil dapat masuk ke dalam rantai makanan dan dikonsumsi oleh manusia serta hewan, berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan hormonal dan kerusakan organ. Pembakaran sampah plastik juga menghasilkan gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO), yang dapat mencemari udara dan meningkatkan risiko penyakit pernapasan. Akumulasi sampah plastik di laut telah menyebabkan banyak hewan laut, seperti penyu dan burung, terperangkap atau bahkan mati akibat menelan plastik yang mereka anggap sebagai makanan. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang lebih serius dalam mengurangi produksi serta meningkatkan pengelolaan sampah plastik agar dampaknya terhadap lingkungan dapat diminimalkan.

2.2.3 Jenis-jenis Sampah Plastik

Plastik merupakan bahan yang terlihat bersih, praktis, sehingga barang-barang kebutuhan sehari-hari dibuat dari plastik seperti botol minuman, gelas, piring, kantong kresek, dan sebagainya. Dengan demikian hampir semua orang memakai barang-barang yang terbuat dari plastik karena kepraktisannya, walaupun berdampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Terdapat beberapa jenis – jenis plastik yaitu sebagai berikut (Haryanti et al., 2023):

1. PET — *Polyethylene Terephthalate*

Mayoritas bahan plastik PET di dunia untuk serat sintetis (sekitar 60%), dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan *polyester* (bahan dasar botol kemasan

30%). Botol Jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya untuk sekali pakai. Bila terlalu sering dipakai, apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat apalagi panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker).

Keterangan:

- Titik lelehnya 85°C.

2. HDPE — *High Density Polyethylene*

HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya.

Keterangan:

- HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi jika dibandingkan dengan plastik dengan kode PET.

3. PVC — *Polyvinyl Chloride*

Bahan ini lebih tahan terhadap bahan senyawa kimia, minyak, dan lain-lain.

Keterangan:

- Titik lelehnya 70 – 140°C.
- Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor dan masuk ke makanan berminyak bila dipanaskan.
- Reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas dengan plastik ini berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan penurunan berat badan

4. LDPE — *Low Density Polyethylene*

Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen.

Keterangan:

- Plastik ini dapat didaur ulang, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia.
- Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan.

5. PP — *Polypropylene*

Karakteristik PP adalah botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap.

Keterangan:

- Titik lelehnya 165°C

6. PS — *Polystyrene*

Polystyrene merupakan polimer aromatik yang dapat mengeluarkan bahan styrene ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan.

Keterangan:

- Bahan ini harus dihindari, karena selain berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi, pertumbuhan dan sistem saraf, juga bahan ini sulit didaur ulang. Bila didaur ulang, bahan ini memerlukan proses yang sangat panjang dan lama.
- Titik leleh pada 95°C

7. OTHER

Bahan dengan tulisan “Other” berarti dapat berbahan SAN - *styrene acrylonitrile*, ABS – *acrylonitrile butadiene styrene*, PC – *polycarbonate*, Nylon.

Keterangan:

- PC – *polycarbonate*, dapat mengeluarkan bahan utamanya yaitu *Bisphenol-A* ke dalam makanan dan minuman yang berpotensi merusak sistem hormon, kromosom pada ovarium, penurunan produksi sperma, dan mengubah fungsi imunitas.
- SAN dan ABS memiliki resistensi yang tinggi terhadap reaksi kimia dan suhu, kekuatan, kekakuan, dan tingkat kekerasan yang telah ditingkatkan.
- SAN dan ABS merupakan salah satu bahan plastik yang sangat baik untuk digunakan.

2.3 Definisi dan Deskripsi Pusat Pengolahan Sampah Plastik

2.3.1 Pengertian Pusat Pengolahan Sampah

Pusat Pengolahan Sampah atau yang dikenal sebagai Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) merupakan fasilitas yang bertujuan untuk mengelola sampah secara menyeluruh dengan menerapkan prinsip 3R, yakni *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Panyaungan, 2012) dalam jurnalnya terkait peningkatan fungsi pengelolaan sampah terpadu, keberadaan TPST sangat penting dalam mengurangi jumlah sampah yang berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dengan cara mengoptimalkan pemilahan dan pemrosesan sampah dari sumbernya. Lebih lanjut Panyaungan (2012) menekankan bahwa implementasi TPST yang efektif memerlukan perencanaan matang, mulai dari pemilihan lokasi yang strategis hingga partisipasi aktif masyarakat dalam sistem pengelolaan sampah. Studi lain yang dilakukan di TPST Tampomas, Sukabumi, menemukan bahwa pendampingan teknis serta pemberdayaan masyarakat dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah secara signifikan (Panyaungan, 2012). Selain itu, penelitian oleh Dias (2015) menunjukkan bahwa optimalisasi operasional dan perbaikan sarana prasarana merupakan faktor penting dalam menjaga keberlanjutan TPST agar tetap berfungsi dengan baik. Dengan demikian, kolaborasi antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya menjadi faktor utama dalam menciptakan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Hannanto & Supatra, 2023).

2.3.2 Pengertian Proses Pengolahan Sampah Plastik

Untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan, sampah plastik dapat dikelola melalui berbagai metode, salah satunya adalah daur ulang. Proses daur ulang melibatkan tahapan pengumpulan, pemilahan, pencucian, pencacahan, dan pengolahan kembali menjadi produk baru yang dapat digunakan (Utami & Fitria Ningrum, 2020). Selain itu, metode lain yang mulai diterapkan adalah pirolisis, yaitu proses pemanasan plastik pada suhu tinggi tanpa oksigen untuk menghasilkan bahan bakar alternatif. Beberapa inovasi lainnya termasuk pemanfaatan plastik sebagai bahan konstruksi, seperti bata ramah lingkungan dan aspal plastik. Selain upaya teknis,

pengurangan penggunaan plastik sekali pakai juga menjadi strategi penting dalam mengatasi permasalahan sampah plastik. Program edukasi dan kampanye sadar lingkungan dapat mendorong masyarakat untuk beralih ke bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti kantong kain dan kemasan *biodegradable*. dengan pendekatan *eco-cycle*, diharapkan pengelolaan sampah plastik dapat lebih efektif dalam mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Pengelolaan sampah secara umum merupakan sebuah proses transformasi sampah baik secara fisik, kimia, dan biologi. Tetapi dalam pengolahan sampah plastik pada umumnya meliputi proses transformasi fisik dan transformasi kimia saja. Masing-masing definisi dari proses transformasi tersebut adalah (Munthe et al., 2023):

1. Transformasi fisik

Perubahan sampah secara fisik melalui beberapa metode atau cara yaitu :

Pemisahan komponen sampah

Dilakukan secara manual dan mekanis, Sampah yang bersifat heterogen dipisahkan menjadi komponen-komponennya, sehingga bersifat lebih homogen. Langkah ini dilakukan untuk keperluan daur ulang. Demikian sampah plastik yang akan diolah akan terpisah dengan jenis sampah lainnya, untuk kemudian diangkut ke tempat pengolahan khusus dan sampah yang bukan plastik diangkut ke tempat pembuangan khusus.

- Mengurangi volume sampah dengan pemadatan atau kompaksi
- Dilakukan dengan tekanan/kompaksi. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menekan kebutuhan ruang sehingga mempermudah penyimpanan, pengangkutan dan pembuangan. Reduksi *volume* juga bermanfaat untuk mengurangi biaya pengangkutan dan pembuangan. Sampah plastik jelas termasuk jenis sampah yang harus di kompaksi.
- Mereduksi ukuran dari sampah dengan proses pencacahan
- Tujuan hampir sama dengan proses kompaksi dan juga bertujuan memperluas permukaan kontak dari komponen.

2. Transformasi Kimia

Perubahan bentuk sampah secara kimia dengan menggunakan prinsip proses pembakaran atau insenerasi. Proses pembakaran sampah dapat

didefinisikan sebagai pengubahan bentuk sampah padat menjadi fasa gas, cair, dan produk padat yang terkonversi, dengan pelepasan energi panas. Proses pembakaran ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik komposisi sampah yaitu :

Nilai kalor dari sampah, dimana semakin tinggi nilai kalor sampah maka akan semakin mudah dalam proses pembakaran berlangsung. Persyaratan nilai kalor adalah 4500 kJ/kg sampah agar dapat terbakar.

Kadar air sampah, semakin kecil dari kadar air maka proses pembakaran akan berlangsung lebih mudah.

Ukuran partikel, semakin luas permukaan kontak dari partikel sampah maka semakin mudah sampah terbakar jenis pembakaran dapat dibedakan atas :

- Pembakaran stoikhiometrik, yaitu pembakaran yang dilakukan dengan suplai udara/oksigen yang sesuai dengan kebutuhan untuk pembakaran sempurna.
- Pembakaran dengan udara berlebih, yaitu pembakaran yang dilakukan dengan suplai udara yang melebihi kebutuhan untuk berlangsungnya pembakaran sempurna.
- Gasifikasi, yaitu proses pembakaran parsial pada kondisi substoikhiometrik, dimana produknya adalah gas-gas CO, H₂, dan hidrokarbon.
- Pirolisis, yaitu proses pembakaran tanpa suplai udara.

2.3.3 Siklus Kedatangan Truk Pengangkut Sampah Plastik



Gambar 2.1 : Diagram Siklus Kedatangan Sampah Plastik

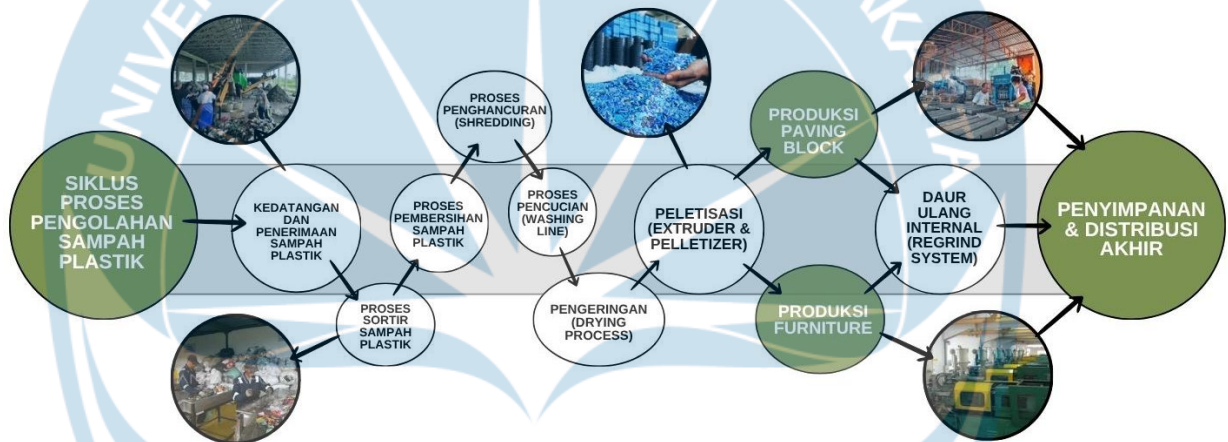
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025

Sistem pengelolaan sampah di Kabupaten Mojokerto berjalan melalui rantai yang terintegrasi antara masyarakat, pemerintah daerah, dan fasilitas pengolahan. Pengumpulan sampah dilakukan mulai dari tingkat rumah tangga, kawasan komersial, hingga fasilitas publik melalui layanan *door-to-door* oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH), serta dukungan program TPS3R (Tempat Pengolahan Sampah (*Reduce, Reuse, Recycle*)) dan bank sampah di setiap kecamatan. Pada tahap awal, pemilahan dilakukan di sumber dan diperkuat di TPS/TPST melalui pemisahan antara sampah organik, anorganik, dan residu. Fraksi plastik hasil sortir ini kemudian dikumpulkan secara terpisah sebagai bahan baku potensial untuk proses daur ulang. Keberadaan sistem TPS3R dan bank sampah berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pemilahan dan mengurangi *volume* sampah yang masuk ke TPA.

Setelah terkumpul, sampah plastik dari berbagai TPS dan bank sampah dikonsolidasikan untuk diangkut menuju Pusat Pengolahan Sampah Plastik dan Galeri Edukasi di Mojokerto. Pengangkutan dilakukan menggunakan truk *arm roll*, kendaraan dengan kontainer lepas-pasang yang dirancang untuk mempercepat proses bongkar muat serta memungkinkan pergantian kontainer tanpa waktu tunggu lama. Dalam sistem operasional pusat pengolahan ini, truk *arm roll* beroperasi secara terjadwal dua kali dalam sehari dengan total timbulan sampah plastik yang diterima mencapai 2 ton per hari atau sekitar 2.000 kilogram. Setiap truk memiliki kapasitas angkut 800–1.000 kilogram per ritase, sehingga dua kali kedatangan sudah cukup untuk memenuhi kapasitas pengolahan harian secara efisien. Kedatangan pertama dijadwalkan pada pagi hari pukul 08.00, membawa sampah plastik dari TPS dan bank sampah kawasan permukiman. Sementara kedatangan kedua dilakukan pada siang hari sekitar pukul 14.00, mengangkut material dari sumber komersial dan area publik seperti pasar, perkantoran, serta fasilitas umum. Pola dua kali ritase ini diterapkan untuk menjaga keseimbangan volume pengolahan di fasilitas pusat, mencegah penumpukan sampah di area penerimaan, dan memastikan proses sortir, pencucian, serta peletisasi berjalan secara berkesinambungan sepanjang hari. Sesampainya di fasilitas pengolahan, sampah plastik dibongkar di receiving bay untuk dilakukan sortasi akhir dan

pembersihan sebelum masuk ke tahap *shredding*, *washing*, *drying*, dan peletisasi, hingga akhirnya diolah menjadi produk akhir seperti *paving block* dan kursi daur ulang. Sistem dua kali kedatangan truk ini bukan hanya efisien secara operasional, tetapi juga mendukung penerapan konsep *eco-cycle* yaitu siklus pengelolaan berkelanjutan dari pengumpulan, transportasi, pemilahan, pengolahan, hingga pemanfaatan kembali hasil daur ulang. Dengan demikian, ritme kedatangan *arm roll* yang teratur tidak hanya menjaga kestabilan proses produksi di pusat pengolahan, tetapi juga menjadi bagian penting dalam strategi pengelolaan sampah plastik yang ramah lingkungan, efisien, dan edukatif di wilayah Mojokerto.

2.3.4 Proses Pengolahan Sampah Plastik



Gambar 2.2 : Diagram Proses Pengolahan Sampah Plastik

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025

Proses pengolahan sampah plastik di pusat ini dimulai sejak kedatangan truk *arm roll* yang membawa muatan hasil pemilahan dari TPS dan bank sampah. Truk berhenti di area bongkar (*receiving bay*) yang dilengkapi dengan timbangan dan sistem pencatatan digital. Setelah dilakukan penimbangan dan pengecekan dokumen, kontainer dilepaskan dan material plastik yang telah tersortir dipindahkan ke *conveyor* menuju area sortasi awal. Tahap ini memakan waktu sekitar 15–30 menit per kedatangan, dengan dua kali kedatangan per hari, masing-masing membawa ± 1.000 kg plastik.

Setelah dibongkar, plastik menuju ke ruang sortasi dan pembersihan. Di sini, pekerja melakukan pembersihan akhir dengan mengeluarkan kontaminan non-plastik

seperti logam, karet, atau sisa organik. Material dibersihkan menggunakan *conveyor* manual dan sistem magnetik untuk memastikan hanya plastik murni yang masuk ke tahap selanjutnya. Tahapan ini berlangsung sekitar 30–60 menit per batch dan menghasilkan plastik siap proses dengan tingkat kemurnian tinggi.

Material yang sudah bersih selanjutnya masuk ke mesin *shredder* di area penghancuran. Mesin ini memotong plastik menjadi serpihan kecil (*flake*) berukuran seragam agar mudah dicuci dan dilelehkan. Proses penghancuran ini berjalan selama 30–60 menit per *batch*, bergantung pada jenis plastik dan kapasitas mesin, dengan operator yang memastikan tidak ada benda asing masuk ke dalam *shredder*.

Serpihan plastik hasil penghancuran kemudian dialirkan ke unit pencucian (*washing line*). Di sini, *flake* dicuci menggunakan air bersirkulasi dalam tangki *sink-float* untuk memisahkan jenis plastik berdasarkan densitasnya. Fraksi ringan seperti PE dan PP mengapung, sedangkan PET dan PVC tenggelam, memudahkan pemisahan lebih lanjut. Proses pencucian dan pemisahan ini memakan waktu 60–120 menit per *batch* dan dilakukan di area yang dilengkapi dengan sistem pengolahan air limbah (IPAL) agar ramah lingkungan.

Setelah dicuci, plastik masuk ke ruang pengeringan (*drying room*) menggunakan *rotary dryer* atau *hot-air dryer* untuk menurunkan kadar air hingga di bawah 1%. Tahap ini berlangsung selama 2–6 jam, tergantung pada kadar air awal dan jenis plastik yang diproses. Plastik yang sudah kering kemudian dikumpulkan di silo penampungan sementara sebelum masuk ke proses peletisasi.

Pada tahap berikutnya, *flake* yang telah bersih dan kering masuk ke unit *extruder/pelletizer*, tempat di mana plastik dilelehkan, disaring, dan dibentuk menjadi butiran pelet kecil. Pelet inilah yang menjadi bahan baku utama dalam pembuatan produk baru. Proses ekstrusi dan pendinginan berlangsung sekitar 1–3 jam per batch, menghasilkan sekitar 1.784 kg pelet per hari dari total input 2.000 kg plastik. Setelah keluar dari *extruder*, pelet didinginkan, dikeringkan kembali, lalu diuji kualitasnya di laboratorium kecil untuk memastikan konsistensi warna dan kekuatan mekanik.

Dari sini, pelet dialirkan ke dua jalur produksi utama: jalur *paving block* dan jalur *furniture* kursi plastik. Pada jalur *paving block*, sekitar 70% pelet (± 1.249 kg/hari) dicampur dengan pasir dan bahan tambahan di ruang blending dengan perbandingan plastik:pasir = 30%:70%. Campuran ini kemudian dilelehkan dalam *hot mixer* untuk

membentuk adonan homogen, lalu diarahkan ke mesin cetak (*vibro press*) untuk dibentuk menjadi *paving block* berbagai ukuran. Setelah dicetak, *paving* dibiarkan mendingin dan mengeras selama 12–24 jam di ruang curing sebelum dilakukan pemeriksaan dimensi dan kekuatan. Produk yang lolos uji dikemas dalam palet dan disimpan di gudang produk *paving* dengan kapasitas sekitar 18–20 m³ untuk penyimpanan mingguan.

Sementara itu, jalur *furniture* kursi plastik menggunakan sekitar 30% pelet (± 535 kg/hari). Pelet dikeringkan ulang menggunakan *hopper dryer* untuk memastikan kadar air rendah, kemudian dicampur dengan pewarna dan *stabilizer* di stasiun aditif. Material lalu dimasukkan ke mesin *injection molding*, di mana plastik dilelehkan dan disuntikkan ke dalam cetakan kursi. Setelah pendinginan dan pelepasan cetakan, produk masuk ke tahap *finishing* dan *trimming* untuk menghilangkan sisa lelehan di tepi. Kursi yang telah selesai kemudian melalui uji kekuatan dan *visual QC*, sebelum dikemas dan disimpan di gudang *furniture* dengan kapasitas penyimpanan ± 5 –6 m³ per minggu. Seluruh rangkaian produksi ini dikendalikan dalam sistem *eco-cycle* yang menekankan sirkulasi material tertutup. Sisa potongan dari proses cetak maupun *paving* dikumpulkan kembali di stasiun *regrind*, dihancurkan ulang, dan dikembalikan ke proses peletisasi untuk meminimalkan limbah. Proses akhir dilakukan di gudang produk jadi, di mana *paving block* dan kursi *furniture* disusun berdasarkan sistem FIFO (*First In, First Out*) untuk memudahkan distribusi ke pasar dan kegiatan edukasi masyarakat mengenai pengelolaan sampah plastik berkelanjutan.

2.3.5 Alat Pengolahan Sampah Plastik

1. Conveyor / Belt Conveyor

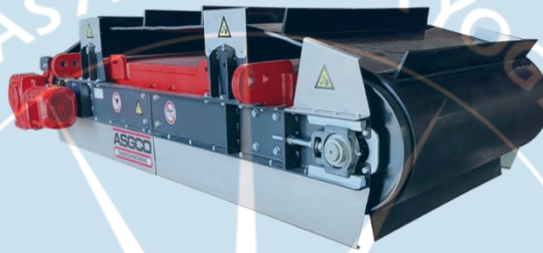


Gambar 2.3 : Mesin Conveyor

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Mesin *conveyor* digunakan untuk memindahkan material plastik dari satu tahap ke tahap berikutnya, seperti dari area penerimaan menuju proses sortasi, atau dari penghancuran ke pencucian. *Conveyor* berfungsi mempercepat alur kerja sekaligus mengurangi tenaga manusia dalam memindahkan material berat. Jenis yang umum digunakan adalah *belt conveyor* atau *screw conveyor*, tergantung bentuk dan berat material yang diangkut.

2. *Magnetic Separator*



Gambar 2.4 : Mesin *Magnetic Separator*

Sumber : <https://www.asgco.com/products/magnetic-separator/>

Setelah proses pemindahan, material plastik melewati *magnetic separator* yang berfungsi memisahkan partikel logam ferromagnetik seperti paku, besi, atau potongan logam kecil yang mungkin tercampur dalam sampah. Alat ini melindungi mesin *shredder* dari kerusakan akibat logam keras. Separator biasanya ditempatkan di atas *conveyor* dan bekerja secara otomatis menggunakan medan magnet permanen atau elektromagnet.

3. *Shredder / Crusher / Granulato*



Gambar 2.5 : Mesin *Shredder*

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Mesin *shredder* berperan penting dalam menghancurkan plastik berukuran besar menjadi serpihan kecil (*flakes*) agar mudah dicuci dan dilelehkan. Jenis *shredder* yang digunakan bisa berupa *rotary cutter* atau *double shaft shredder*, tergantung ketebalan plastik. Proses ini menghasilkan ukuran serpihan sekitar 1–2 cm dan dilakukan di ruang penghancuran yang terisolasi untuk mengurangi kebisingan dan debu.

4. *Washing Line / Washing System*

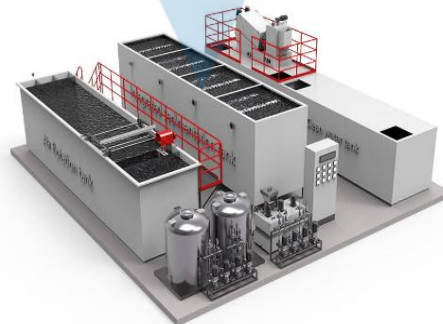


Gambar 2.6 : Mesin *Washing System*

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Tahap pencucian dilakukan di sistem *washing line*, yaitu rangkaian tangki dan *washer* yang berfungsi membersihkan serpihan plastik dari kotoran, label, minyak, dan sisa organik. Sistem ini biasanya dilengkapi *friction washer* untuk pencucian intensif dan *sink-float tank* untuk memisahkan jenis plastik berdasarkan densitas. Air pencuci disaring dan digunakan kembali melalui sistem IPAL untuk efisiensi dan menjaga prinsip *eco-cycle*.

5. *Water Recycling Treatment and reuse System*



Gambar 2.7 : Mesin *Water Recycling Treatment*

Sumber : <https://torontotech.com/water-treatment-system/>

Water Recycling Treatment and reuse System bekerja dengan cara mengolah dan mendaur ulang air limbah dari proses pencucian plastik agar dapat digunakan kembali. Air limbah terlebih dahulu dikumpulkan di kolam penampungan, kemudian disaring menggunakan *vibrating screen* untuk memisahkan partikel kasar. Selanjutnya, air dialirkan ke tangki sedimentasi di mana pH dinetralkan secara otomatis dan bahan kimia koagulan serta flokulan ditambahkan untuk mengendapkan partikel tersuspensi. Air yang lebih jernih kemudian masuk ke tangki flotasi udara (air *flotation tank*), di mana gelembung udara halus membantu mengangkat sisa partikel ringan ke permukaan untuk dihapus. Setelah itu, air bersih dikumpulkan dalam tangki penampungan dan disaring kembali menggunakan media seperti pasir kuarsa sebelum digunakan ulang di jalur pencucian. Lumpur hasil endapan dikeringkan melalui alat *sludge dewatering* sebelum dibuang. Sistem ini efisien karena otomatis, hemat air, dan ramah lingkungan, menjadikannya solusi ideal untuk pengolahan air limbah industri pencucian plastik.

6. *Drying Machine (Rotary Dryer / Hot-Air Dryer)*



Gambar 2.8 : Mesin *Rotary Dryer*

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Setelah dicuci, serpihan plastik masih mengandung air yang harus dihilangkan melalui proses pengeringan. Mesin *rotary dryer* atau *hot-air dryer* digunakan untuk menurunkan kadar air hingga di bawah 1%. Mesin ini bekerja dengan sistem pemanasan udara panas yang berputar atau aliran udara

bertekanan tinggi. Material kering yang dihasilkan kemudian disimpan sementara dalam silo penyimpanan sebelum masuk ke tahap peletisasi.

7. *Extruder (Single / Twin Screw)*



Gambar 2.9: Mesin *Extruder*

Sumber : <https://torontotech.com/twin-screw-extruder/>

Mesin *extruder* berfungsi melelehkan serpihan plastik kering di bawah suhu tinggi (sekitar 180–250°C) dan tekanan tertentu. Dalam proses ini, material dilewatkan melalui *screw barrel* sehingga tercampur merata dan disaring dari kotoran halus. *Extruder* menjadi inti dari proses peletisasi karena menentukan homogenitas dan kualitas pelet yang dihasilkan.

8. *Pelletizer*



Gambar 2.10 : Mesin *Pelletizer*

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Setelah melalui *extruder*, lelehan plastik diarahkan ke *pelletizer*, yaitu mesin pemotong yang membentuk butiran kecil (pelet) dengan ukuran seragam. Jenis mesin yang umum digunakan adalah *strand pelletizer* atau *hot die face cutter*, tergantung karakter material plastik. Pelet kemudian didinginkan dan dikeringkan, siap digunakan kembali sebagai bahan baku produk baru seperti *paving block* dan *furniture*.

9. Mixer / Blender (untuk *Paving Block*)



Gambar 2.11 : Mesin Mixer

Sumber : <https://www.changdongindonesia.co.id/>

Pada jalur produksi *paving block*, *mixer* digunakan untuk mencampur pelet plastik dengan pasir atau agregat halus dengan perbandingan tertentu (biasanya 70:30). Proses ini dilakukan di ruang *blending* menggunakan *high-speed mixer* agar campuran homogen. Hasil campuran ini menjadi bahan dasar yang akan dilelehkan kembali sebelum dicetak menjadi *paving block*.

10. *Heating / Melting Unit* (untuk *Paving Block*)



Gambar 2.12 : Mesin *Heating*

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Campuran plastik dan pasir kemudian dimasukkan ke dalam *heating unit* atau *melting drum* untuk dipanaskan hingga plastik mencair dan membungkus agregat. Proses ini memastikan ikatan antar material kuat sebelum dicetak. Pemanasan dilakukan menggunakan listrik atau gas dengan suhu sekitar 180–200°C, menghasilkan campuran plastis yang siap dicetak.

11. Press / Vibro Press (Paving Block Molding)



Gambar 2.13 : Mesin Press

Sumber : <https://www.changdongindonesia.co.id/>

Campuran panas dimasukkan ke mesin *vibro press*, di mana material dipadatkan dan dibentuk sesuai cetakan *paving block*. Tekanan dan getaran yang dihasilkan mesin membantu meningkatkan kepadatan serta kekuatan produk. Setelah dicetak, *paving block* dibiarkan melalui proses pendinginan dan curing selama 12–24 jam sebelum diuji kualitasnya.

12. Injection Moulding Machine (untuk Furniture)



Gambar 2.14 : Mesin Moulding

Sumber : <https://nicetymachine.com/>

Untuk jalur *furniture* plastik, pelet dimasukkan ke mesin *injection molding*, yang melelehkan dan menyuntikkan plastik cair ke dalam cetakan kursi atau komponen *furniture*. Mesin ini bekerja otomatis dengan pengaturan suhu, tekanan, dan waktu injeksi yang presisi. Setelah pendinginan, cetakan dibuka dan

produk dikeluarkan untuk proses *trimming* dan *finishing*.

13. *Trimming and Finishing Equipment*

Produk yang telah dingin kemudian dirapikan menggunakan *trimming tools* atau *cutting machine* untuk menghilangkan sisa cetakan (*burr*) dan memastikan kualitas permukaan yang baik. Proses ini penting agar produk memiliki tampilan bersih dan siap dipasarkan atau dipamerkan di galeri edukasi.

14. *Reground / Scrap Grinder*

Sisa potongan atau produk gagal dari proses *moulding* dikumpulkan dan dihancurkan ulang menggunakan *scrap grinder*. Hasil penghancuran dikembalikan ke tahap peletisasi untuk digunakan kembali, membentuk sistem daur ulang internal yang menekan limbah produksi dan menjaga keberlanjutan material.

15. *Packing / Bagging Machine*

Produk jadi, baik berupa pelet, *paving block*, maupun kursi, dikemas menggunakan *bagging machine* atau sistem pengepakan manual. Pelet biasanya dikemas dalam karung 25–50 kg, sedangkan produk besar seperti paving dan kursi dipaketkan untuk penyimpanan dan pengiriman yang aman.

16. *Handling and Warehouse Equipment*

Tahap akhir dilakukan di gudang penyimpanan produk yang dilengkapi dengan rak palet, sistem ventilasi, serta peralatan bantu seperti *forklift* untuk memindahkan barang. Gudang ini menerapkan sistem FIFO (*First In First Out*) agar rotasi stok terjaga dan distribusi produk berjalan efisien.

2.3.6 Produk Hasil Pengolahan Sampah Plastik

Pengolahan limbah sampah plastik memiliki dampak positif yang signifikan terhadap lingkungan, ekonomi, dan masyarakat. Secara ekologis, inovasi seperti *paving block* plastik, *ecobrick*, dan *furniture* daur ulang membantu mengurangi jumlah sampah plastik yang mencemari tanah dan lautan. Dengan mengubah limbah menjadi produk yang bernilai guna, metode ini juga berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru serta menekan emisi karbon dari proses produksi industri konvensional.

Selain itu, pengolahan sampah plastik membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat melalui industri kreatif. Produk seni, *furniture* dan instalasi artistik berbasis plastik daur ulang tidak hanya memiliki nilai estetika, tetapi juga menciptakan lapangan kerja bagi banyak orang. Dengan demikian, pengelolaan limbah plastik secara inovatif dapat menjadi solusi berkelanjutan dalam menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sekaligus meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat. Terdapat beberapa contoh hasil dari pemanfaatan pengolahan limbah plastik sebagai berikut (Azzaki et al., 2022):

1) Pembuatan *Paving Block* dari Limbah Plastik

- Di berbagai negara, *paving block* berbahan plastik telah diterapkan untuk mengatasi permasalahan sampah plastik sekaligus memperpanjang umur infrastruktur jalan. Selain itu, material ini lebih fleksibel dan tidak mudah retak dibandingkan dengan *paving block* berbasis semen. Limbah plastik dapat diolah menjadi *paving block* sebagai alternatif material konstruksi. Proses ini melibatkan pencampuran plastik bekas dengan pasir, menghasilkan produk yang lebih tahan lama dibandingkan *paving block* konvensional. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah plastik tetapi juga menciptakan solusi material yang lebih berkelanjutan.
- *Paving block* ini menggunakan LDPE dan HDPE sebagai bahan utama—dua jenis plastik yang mudah meleleh dan tahan terhadap cuaca ekstrem. Untuk meningkatkan kekuatan struktural, campuran ini juga dapat ditambahkan plastik PP (*Polypropylene*). Komposisinya terdiri dari 70–80% limbah plastik sebagai bahan pengikat dan 20–30% pasir halus sebagai material pengisi. Dalam satu *paving block* berukuran 20x10x6 cm, dibutuhkan sekitar 500–800 gram plastik dan 200–300 gram pasir, dengan total berat mendekati 1 kg. Produk ini dibuat melalui proses pemanasan hingga $\pm 250^{\circ}\text{C}$, kemudian dicetak menggunakan mold. Hasil akhirnya adalah *paving* yang kuat, tahan air, dan cocok untuk area pejalan kaki atau ruang luar.

2) Produksi *Furniture* dari Daur Ulang Limbah Plastik

- *Furniture* berbasis plastik daur ulang menjadi tren dalam industri kreatif

karena selain ramah lingkungan, produk ini juga memiliki tampilan unik dengan berbagai kombinasi warna dan tekstur. Selain itu, penggunaan furniture daur ulang dapat mengurangi ketergantungan terhadap kayu, sehingga membantu dalam upaya pelestarian hutan. Plastik daur ulang dapat dijadikan bahan utama dalam produksi *furniture* ramah lingkungan. Prosesnya melibatkan pencairan dan pencetakan ulang plastik bekas menjadi bentuk *furniture* seperti kursi, meja, dan rak penyimpanan. Hal ini membuktikan bahwa limbah plastik dapat memiliki nilai ekonomis yang tinggi jika diolah dengan teknologi yang tepat.

- Pemanfaatan limbah plastik dapat diwujudkan dalam bentuk *furniture* yang fungsional dan berdaya guna tinggi. Menggunakan jenis plastik seperti HDPE (*High-Density Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), atau LDPE (*Low-Density Polyethylene*), material ini diproses melalui metode pencacahan, pencucian, pengeringan, dan pemanasan untuk menghasilkan bahan yang dapat dicetak atau dibentuk. Komposisi material terdiri dari 100% limbah plastik tanpa tambahan bahan alami lain. Limbah plastik dipilah terlebih dahulu berdasarkan jenis dan warna untuk memastikan konsistensi material dan kualitas akhir produk. Setelah dilelehkan, plastik dapat dicetak menggunakan teknik *compression molding*, *extrusion*, atau *injection molding* menjadi lembaran solid, batangan, atau bentuk-bentuk modular lainnya. Untuk sebuah kursi berukuran sedang, kebutuhan materialnya berkisar antara 12–18 kg limbah plastik, tergantung pada ketebalan dan desain furniture. Produk akhir memiliki karakteristik tahan air, kuat terhadap cuaca, dan dapat memiliki tampilan estetik yang beragam sesuai dengan warna limbah yang digunakan atau pewarna tambahan yang ramah lingkungan.

Produk daur ulang ini dapat diproses lebih lanjut seperti dipotong, dibor, digabung menggunakan baut atau sistem *interlocking*, kemudian dirakit menjadi kursi, meja, bangku taman, atau rak penyimpanan yang kokoh dan ramah lingkungan.

2.3.7 Tinjauan Fasilitas Pengolahan Sampah Plastik

Dalam upaya mengatasi permasalahan limbah plastik yang semakin meningkat, diperlukan fasilitas pengolahan sampah plastik yang dirancang secara

optimal untuk mendukung efisiensi dan efektivitas proses daur ulang. Fasilitas ini harus mencakup berbagai ruang yang berfungsi mendukung tahapan utama pengolahan, mulai dari area penerimaan dan penyortiran, pencucian, pencacahan, hingga penyimpanan produk jadi. Selain itu, pendekatan arsitektur yang berkelanjutan dan berbasis teknologi *modern* menjadi aspek penting dalam desain pusat pengolahan sampah plastik guna meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi operasional (Panyaungan, 2012). Di samping itu, penggunaan prinsip arsitektur hijau pada fasilitas industri berbasis limbah plastik dapat mendorong pengelolaan yang lebih ramah lingkungan serta meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya daur ulang (Setyaningsih & Hardiana, 2023). Oleh karena itu, perancangan pusat pengolahan sampah plastik tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis, tetapi juga aspek edukasi dan keberlanjutan agar dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi lingkungan dan masyarakat (Calista & Kasimun, 2022).

Adapun perancangan tata letak pusat pengolahan sampah plastik memerlukan berbagai fasilitas pendukung dan ruang-ruang yang dirancang untuk memastikan proses pengolahan berjalan efisien dan efektif. Berikut adalah tinjauan umum mengenai fasilitas dan ruang yang biasanya terdapat dalam pabrik pengolahan sampah plastik:

1. Area Penerimaan dan Penyortiran

Tempat untuk menerima sampah plastik yang masuk dan melakukan pemilahan berdasarkan jenis dan kualitas plastik.

2. Ruang Pencucian

Fasilitas untuk membersihkan sampah plastik dari kotoran atau kontaminan sebelum diproses lebih lanjut.

3. Area Penggilingan atau Pencacahan

Ruang di mana sampah plastik dipotong atau dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil untuk memudahkan proses selanjutnya.

4. Ruang Pengeringan

Setelah dicuci, plastik perlu dikeringkan sebelum masuk ke tahap berikutnya.

5. Fasilitas Daup Ulang

Area untuk mengolah plastik menjadi produk baru, seperti pelet plastik atau barang jadi lainnya.

6. Ruang Penyimpanan Produk Jadi

Tempat untuk menyimpan produk hasil daur ulang sebelum didistribusikan atau dijual.

7. Laboratorium Penelitian

Fasilitas untuk mengembangkan hasil pengolahan produk dari limbah plastik dan juga digunakan sebagai tempat menguji kualitas produk daur ulang guna memastikan memenuhi standar yang ditetapkan.

8. Fasilitas Pendukung

Termasuk ruang kantor, ruang istirahat karyawan, area parkir, dan fasilitas kebersihan.

2.4 Definisi dan Deskripsi Pusat Edukasi dan Galeri

2.4.1 Pengertian Pusat Edukasi

Pusat edukasi merupakan fasilitas yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran melalui berbagai metode, termasuk pengalaman langsung, teknologi interaktif, dan bimbingan akademik. Penelitian menunjukkan bahwa pusat sumber belajar memiliki peran strategis dalam meningkatkan mutu pendidikan dengan menyediakan layanan informasi dan pengetahuan yang lengkap kepada peserta didik (Rachmad & Rofi'i, 2021). Selain itu, kolaborasi antara lembaga pendidikan dan industri melalui platform seperti Kedaireka dapat menciptakan ekosistem riset dan inovasi yang mendukung pengembangan sumber daya manusia berkualitas (Haryanti et al., 2023). Dengan demikian, pusat edukasi yang didukung oleh riset dan inovasi berperan penting dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan mendorong lahirnya solusi kreatif dalam berbagai bidang.

2.4.2 Pengertian Galeri

Galeri merupakan ruang yang dirancang untuk menampilkan, mengapresiasi, dan mendukung karya seni, baik dalam bentuk lukisan, patung, instalasi, maupun media lainnya. Galeri ini berfungsi sebagai jembatan antara seniman dan publik, sekaligus sebagai wadah untuk mengembangkan wacana seni dan budaya. Menurut beberapa penelitian, galeri tidak hanya berperan dalam pameran karya, tetapi juga dalam membentuk ekosistem seni yang mendukung kreativitas serta keterlibatan sosial (Kabinesh et al., 2024). Selain itu, galeri juga berkontribusi pada ekonomi kreatif

dengan menciptakan peluang bagi seniman dan kolektor untuk berinteraksi dalam pasar seni yang lebih luas (Al Rosali et al., 2022).

2.4.3 Tipologi *Educational and Recreational Building*

Bangunan dengan tipologi edukatif dan rekreatif merupakan ruang yang menggabungkan fungsi pembelajaran dan hiburan dalam satu kesatuan desain. Tipologi ini bertujuan menciptakan lingkungan yang mendukung proses belajar sambil bermain, sehingga meningkatkan keterlibatan dan pengalaman pengguna secara holistik.

Dalam perancangan bangunan edukatif dan rekreatif, pendekatan arsitektur yang mempertimbangkan konteks lokal dan kebutuhan masyarakat sangat penting. Misalnya, perancangan pusat rekreasi *camping ground* di Dusun Kalakijo, Bantul, Yogyakarta, menggunakan pendekatan arsitektur vernakular untuk menciptakan suasana edukatif dan rekreatif yang sesuai dengan karakteristik lokal (Wolfs, 2015).

Selain itu, integrasi antara fasilitas pendidikan dan rekreasi dapat memperkaya pengalaman pengguna. Perpustakaan umum di Kota Makassar, misalnya, menerapkan konsep arsitektur rekreatif dalam desain interiornya untuk meningkatkan minat baca dan kenyamanan pengunjung (Rachmad & Rofi'i, 2021).

Penerapan prinsip arsitektur berkelanjutan juga menjadi aspek penting dalam tipologi ini. Perancangan gedung olahraga Kemantren dengan tema *green architecture* bertujuan menciptakan bangunan yang ramah lingkungan dan efisien energi, sekaligus menyediakan fasilitas edukatif dan rekreatif bagi masyarakat (Zhong et al., 2022).

Secara keseluruhan, tipologi bangunan edukatif dan rekreatif menekankan pentingnya desain yang mendukung pembelajaran interaktif, kenyamanan pengguna, serta keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini diharapkan dapat menciptakan ruang yang tidak hanya fungsional, tetapi juga inspiratif dan menyenangkan bagi semua kalangan.

2.4.4 Tinjauan Fasilitas Pusat Edukasi dan Galeri

Pusat Edukasi dan Galeri memiliki peran penting dalam mendukung pengembangan fasilitas edukasi dan rekreasi, serta sebagai sarana edukasi bagi masyarakat. Fasilitas ini tidak hanya berfungsi sebagai tempat pameran, tetapi juga sebagai ruang interaksi, pembelajaran, dan *display* produk hasil pengolahan sampah

plastik. Oleh karena itu, perancangan fasilitas di dalamnya harus mampu memenuhi kebutuhan pengguna, baik dari sisi pengunjung maupun pengelola.

Adapun perancangan tata letak pusat edukasi dan galeri memerlukan berbagai fasilitas pendukung dan ruang-ruang yang dirancang untuk memastikan proses pembelajaran dan sarana bagi pengunjung dapat tersedia dan dapat berjalan efektif. Berikut adalah tinjauan umum mengenai fasilitas dan ruang yang biasanya terdapat dalam pusat edukasi dan galeri.

1. Fasilitas Utama:

- Ruang Galeri: Berfungsi untuk memamerkan Konten terkait sampah plastik dan produk hasil olahannya. Ruang ini harus memiliki pencahayaan yang memadai, kontrol iklim yang baik, dan keamanan yang terjamin.
- Ruang *Workshop*: Tempat bagi pengelola memberikan konten edukasi sebagai pengantar kepada pengunjung dan sebagai tempat untuk mempelajari cara pengolahan sampah plastik secara mandiri.
- Ruang Edukasi: Fasilitas pendidikan non-formal untuk pembelajaran tentang pengolahan sampah plastik sebagai sebuah produk olahan baru yang memiliki nilai guna lebih.

2. Fasilitas Pendukung:

- Lobi dan Ruang Informasi: Area penerima bagi pengunjung yang menyediakan informasi mengenai program *workshop* yang sedang berlangsung atau konten pada galeri yang sedang ditampilkan.
- Resto dan *Cafe* : Tempat bagi pengunjung untuk beristirahat dan menikmati makanan atau minuman.
- Toko Produk: Menjual katalog produk, atau barang-barang terkait produk hasil pengolahan material dan *furniture*.
- Toilet Umum: Fasilitas sanitasi yang bersih dan mudah diakses oleh pengunjung.

3. Fasilitas Pengelola:

- Ruang Administrasi: Tempat staf pengelola menjalankan kegiatan operasional dan manajerial galeri.
- Ruang Keamanan: Fasilitas untuk petugas keamanan dalam memantau dan menjaga keamanan seluruh area galeri.

4. Fasilitas Teknis:

- Ruang Mekanikal dan Elektrikal: Untuk pengelolaan sistem mekanik dan listrik bangunan.
- *Loading Dock*: Area untuk bongkar muat konten galeri yang akan ditampilkan atau peralatan lainnya.

5. Fasilitas Pelayanan:

- Ruang Konferensi atau Seminar: Untuk kegiatan diskusi, seminar, atau presentasi pengolahan sampah plastik.

2.5 Uraian Komponen atau Unsur Ruang Galeri

2.5.1 Sirkulasi Ruang

Terdapat fasilitas utama yang disediakan di Pusat Pengolahan Sampah Plastik dan Galeri Edukasi yaitu ruang edukasi mengenai proses pengolahan sampah plastik, serta area pameran yang menampilkan produk hasil daur ulang limbah plastik. Untuk mendukung pengalaman pengunjung yang optimal, perencanaan sirkulasi dalam area pameran perlu dirancang secara terstruktur agar tidak menimbulkan kebingungan atau kejenuhan. Ankur Gautam (2017) mengemukakan bahwa terdapat tiga pendekatan dasar dalam perancangan sirkulasi ruang pameran, yang masing-masing dipilih berdasarkan konsep dan tujuan penyelenggaraan pameran. Setiap metode memiliki keunggulan dan keterbatasannya sendiri. Berikut ini merupakan bentuk-bentuk sirkulasi yang umum digunakan dalam ruang galeri.



Gambar 2.15: Sirkulasi *Directed Approach*

Sumber : Dean, David. *Museum Exhibition: Theory & Practice*. Routledge, 1996.

Metode sirkulasi yang akan diterapkan di area pameran ini adalah *Directed Approach*, di mana alur gerak pengunjung diatur secara satu arah dengan pilihan keluar yang terbatas. Hal ini bertujuan agar pengunjung dapat melihat seluruh koleksi pameran secara menyeluruh. Meskipun pendekatan ini dianggap lebih kaku dan kurang fleksibel dibandingkan metode lainnya, keunggulannya terletak pada pengaturan yang sistematis, koheren, dan berfokus pada topik yang diangkat. Namun, kelemahan dari metode ini adalah dapat menimbulkan rasa terbatas bagi pengunjung, yang sering kali lebih fokus mencari jalan keluar sehingga menimbulkan perasaan terperangkap dalam ruang. Selain itu, dalam kondisi tertentu, metode ini berpotensi menyebabkan kemacetan akibat pengunjung yang ingin keluar terhalang oleh pengunjung lain yang masih berada di dalam area pameran.

2.5.2 Sistem Pencahayaan

Penggunaan pencahayaan buatan memegang peranan penting dalam pengaturan tata letak galeri *display* objek hasil pengolahan sampah plastik. Sebelum menerapkan sistem pencahayaan tersebut, perlu dilakukan analisis terhadap kebutuhan pencahayaan masing-masing objek pameran. Untuk objek dua dimensi, pencahayaan yang merata tanpa bayangan sangat diperlukan agar tampilan objek optimal. Sedangkan untuk objek tiga dimensi, dibutuhkan pencahayaan yang terfokus dan bersifat lokal, serta penggunaan pencahayaan pancaran guna menciptakan efek visual khusus di dalam ruang galeri. Selain itu, perancangan pencahayaan dalam ruang galeri harus mempertimbangkan aspek-aspek seperti intensitas cahaya, penempatan sumber cahaya, serta jenis pencahayaan yang digunakan agar mendukung presentasi objek secara maksimal.

a. Intensitas Cahaya

Tingkat intensitas cahaya harus disesuaikan dengan luas area yang akan diterangi agar pencahayaan efektif dan sesuai kebutuhan. Selain itu, penting untuk mempertimbangkan sensitivitas dan daya tahan objek pameran terhadap radiasi yang dipancarkan oleh sumber cahaya, seperti lampu TL yang mengandung sinar *ultraviolet* dan lampu pijar yang memancarkan sinar inframerah. Selain aspek teknis tersebut, sensitivitas mata manusia juga menjadi pertimbangan penting, di mana pencahayaan minimum yang diperlukan agar objek dapat terlihat dengan jelas adalah sekitar 10 *candle/m*.

b. Tata Letak

Pengaturan pencahayaan dibedakan berdasarkan jenis sistem yang digunakan untuk menciptakan tampilan yang menarik bagi pengunjung dengan mempertimbangkan beberapa faktor berikut:

1. Jenis Pencahayaan

- Pencahayaan langsung, yaitu cahaya yang langsung mengenai objek pameran.
- Pencahayaan tidak langsung, yaitu cahaya yang diterima objek melalui pantulan dari permukaan lain.

2. Fungsi Pencahayaan

- Cahaya utama, berperan sebagai sumber pencahayaan dominan yang menerangi keseluruhan objek.
- Cahaya pengisi, berfungsi untuk mengurangi bayangan dan memberikan keseimbangan pencahayaan.
- Cahaya latar, memberikan efek tambahan yang memperkaya suasana ruang dan menonjolkan objek.

3. Dimensi Sumber Cahaya

- Pencahayaan dapat berasal dari satu, dua, atau tiga dimensi, yang memengaruhi cara cahaya menyebar dan menyorot objek.

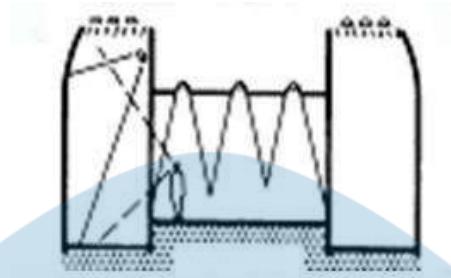
4. Posisi Penempatan Cahaya

- Penempatan sumber cahaya dapat dilakukan di berbagai posisi seperti di belakang, depan, atas, bawah, atau langsung pada objek pameran, tergantung pada efek pencahayaan yang ingin dicapai.

c. Pencahayaan Merata Buatan

Pencahayaan merata buatan merupakan sumber cahaya yang dihasilkan melalui konversi energi listrik. Pada siang hari, ruangan umumnya memanfaatkan pencahayaan alami dari sinar matahari yang cukup, sedangkan pada malam hari diperlukan penggunaan pencahayaan buatan seperti lampu *downlight* untuk menjaga tingkat pencahayaan yang memadai. Implementasi pencahayaan buatan dalam ruang pameran disesuaikan dengan kebutuhan fungsional aktivitas serta konfigurasi tata ruang yang ada. Penempatan sumber cahaya biasanya diarahkan ke permukaan dinding guna memastikan distribusi cahaya yang merata

pada objek pameran.



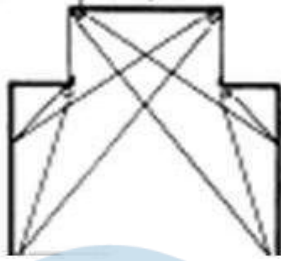
Gambar 2.16 Pencahayaan Merata Buatan

Sumber : Neufert, Ernst. *Data Arsitek: Jilid 2*. Jakarta: Erlangga, 2002.

d. Pencahayaan Terfokus Buatan

Pencahayaan selanjutnya yang juga bersumber dari tenaga listrik yaitu pencahayaan terfokus buatan. Pencahayaan ini memanfaatkan tenaga listrik untuk memberikan iluminasi khusus pada objek tertentu dengan tujuan menonjolkan objek tersebut sebagai pusat perhatian dalam ruang galeri. Implementasi pencahayaan ini umumnya dilakukan dengan pemasangan lampu sorot pada dinding, partisi, atau langit-langit di atas objek pameran. Penempatan lampu sorot ini memungkinkan cahaya terfokus secara intens pada objek, sehingga meningkatkan visibilitas dan daya tarik visual objek tersebut dalam konteks pameran.

Dalam konteks ruang pameran, (Ankur Gautam (2017) mengemukakan bahwa plafon yang ideal adalah yang sebagian terbuka. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya konstruksi sekaligus memudahkan akses terhadap peralatan yang digantung atau dipasang pada plafon. Plafon berfungsi sebagai elemen non-struktural yang membatasi pandangan tanpa menanggung beban atau melindungi dari pengaruh cuaca. Selain itu, ketinggian plafon memiliki pengaruh besar terhadap aktivitas yang terjadi di dalam ruang tersebut.



Gambar 2.17 Pencahayaan Terfokus Buatan

Sumber : Neufert, Ernst. *Data Arsitek: Jilid 2*. Jakarta: Erlangga, 2002.

2.6 Tinjauan Teoritis Pendekatan Arsitektur *Eco-Cycle*

Pendekatan arsitektur *Eco Cycle* merupakan konsep perancangan yang meniru sistem kerja ekosistem alam, di mana setiap sumber daya seperti material, energi, dan air dikelola dalam siklus tertutup agar tetap efisien dan berkelanjutan. Prinsip ini berupaya menciptakan keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelestarian lingkungan melalui penerapan sistem desain yang mampu mengolah kembali sumber daya tanpa menghasilkan limbah baru (Bucknall, 2020). Dengan demikian, bangunan dipandang sebagai bagian dari sistem ekologis yang hidup, bukan sekadar objek statis, melainkan entitas yang terus beregenerasi seiring waktu.

Menurut(Kassab et al (2023), penerapan sistem sirkular yang bersifat lokal dan terdesentralisasi mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah serta menekan emisi karbon, terutama melalui optimalisasi energi terbarukan. Hal ini sangat relevan dalam konteks pengolahan limbah plastik, di mana proses pemilahan, pembersihan, hingga produksi ulang dapat dilakukan dalam satu kawasan terpadu yang saling mendukung. Sementara itu,(Ahmed (2023) menegaskan bahwa limbah plastik memiliki potensi tinggi untuk diolah menjadi material bangunan seperti *paving block*, panel, dan elemen interior yang tahan lama serta ramah lingkungan, sehingga mendukung prinsip keberlanjutan pada sektor konstruksi.

(Kanters (2020) mengemukakan bahwa penerapan konsep *closed loop* dalam arsitektur dapat dicapai melalui strategi *design for disassembly*, yaitu perancangan bangunan yang memungkinkan komponen arsitekturnya dibongkar, digunakan ulang, atau didaur ulang tanpa menimbulkan limbah tambahan. Sejalan dengan itu,(Zhu et al (2024) menyoroti pentingnya desain konstruksi reversibel yang memungkinkan bangunan beradaptasi terhadap perubahan fungsi tanpa kehilangan nilai ekologisnya.

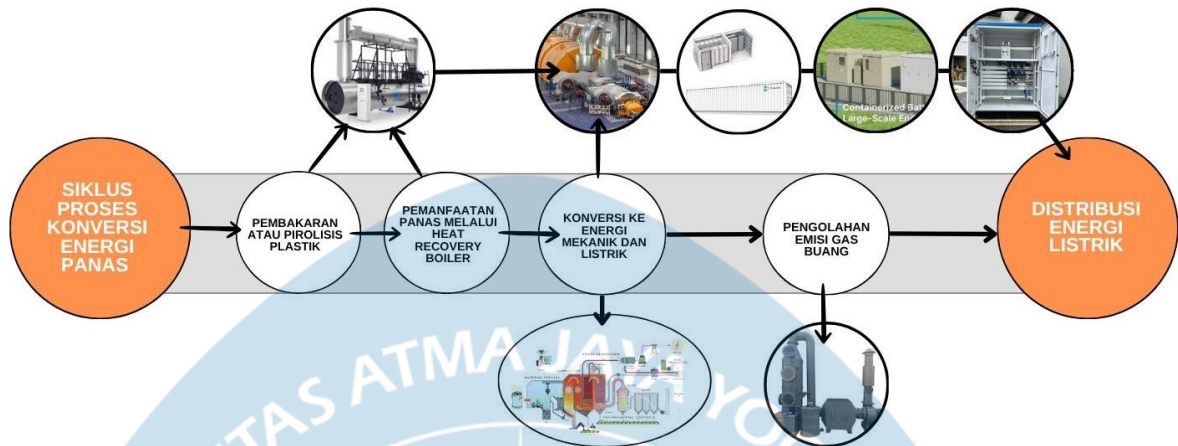
Kedua pendekatan ini menunjukkan bagaimana sistem bangunan dapat menjadi bagian dari siklus sumber daya yang berkesinambungan.

Lebih jauh, Villegas Pilay et al (2023) menekankan bahwa penggabungan antara kegiatan produksi material daur ulang dan fungsi edukatif dapat memperkuat kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sumber daya secara bertanggung jawab. Dengan demikian, pendekatan *Eco-Cycle* tidak hanya berfokus pada efisiensi teknis, tetapi juga mengintegrasikan nilai edukatif dan ekologis ke dalam pengalaman ruang. Pendekatan ini menjadikan arsitektur berperan sebagai media pembelajaran yang menunjukkan keterkaitan antara proses daur ulang, konservasi energi, dan keberlanjutan lingkungan dalam satu sistem ruang yang harmonis.

2.6.1 Implementasi Sistem *Zero Waste* Melalui Penerapan Material Daur Ulang

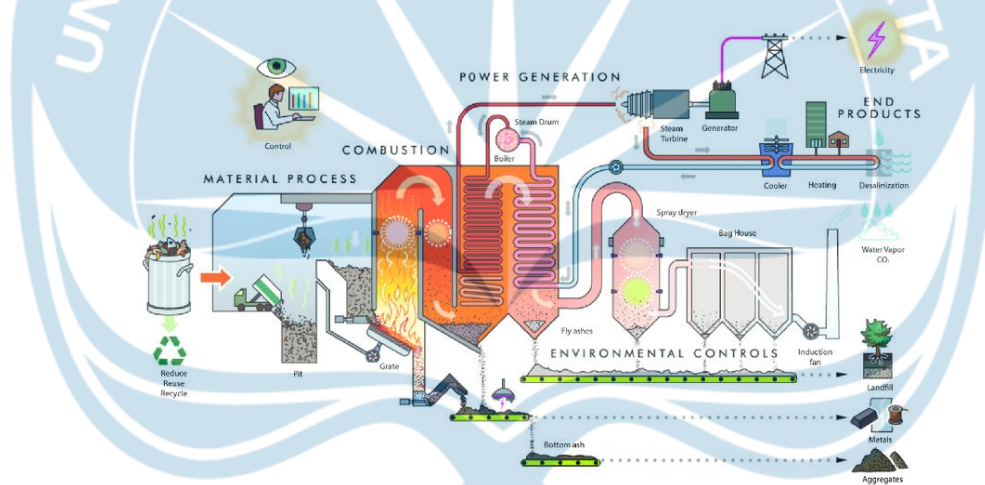
Penggunaan *paving block* dari sampah plastik daur ulang pada area *outdoor* di Pusat Pengolahan Sampah Plastik dan Galeri Edukasi menjadi wujud nyata penerapan konsep *eco-cycle* dalam perancangan lingkungan berkelanjutan. Material ini tidak hanya berfungsi sebagai elemen penutup tanah yang memperkuat struktur sirkulasi pejalan kaki maupun kendaraan ringan, tetapi juga menjadi simbol transformasi limbah menjadi sumber daya baru yang bernilai guna. Melalui proses daur ulang plastik yang dilakukan di fasilitas ini, sampah yang semula berpotensi mencemari lingkungan diubah menjadi produk konstruksi tahan lama, ringan, dan ramah air, karena memiliki porositas yang membantu penyerapan air hujan ke tanah. Dengan demikian, penerapan *paving block* daur ulang menciptakan sistem sirkular di mana limbah plastik diproses, dimanfaatkan kembali, dan memberi manfaat ekologis secara berkelanjutan. Integrasi ini memperkuat prinsip *eco-cycle* yang menekankan pada siklus tertutup antara produksi, penggunaan, dan daur ulang material, sekaligus menjadi media edukatif bagi pengunjung untuk memahami bagaimana arsitektur dapat berperan langsung dalam menjaga keseimbangan alam.

2.6.2 Implementasi Sistem Zero Waste Melalui Daur Ulang Energi Panas



Gambar 2.18 : Diagram Proses Konversi Energi Panas

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 2.19 : Diagram Proses Konversi Energi Panas

Sumber : <https://serc.carleton.edu/details/images/46447.html>

Pengolahan sampah plastik melalui jalur termal (pembakaran terkontrol atau pirolisis) menyediakan sumber energi panas yang signifikan dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dan panas proses dalam kerangka *eco-cycle* fasilitas pengolahan. Plastik *poliolefin* seperti PE dan PP umumnya memiliki nilai kalor tinggi ($\text{LDPE/PP} \approx 44\text{--}46 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$), sehingga 1 ton plastik memiliki energi kimia teoritis yang besar yang memungkinkan pemulihan energi dalam skala operasional pabrik (Javed et al., 2022). Penggunaan *heat recovery boiler* yang dipasangkan dengan turbin uap atau

unit *Organic Rankine Cycle* (ORC) memungkinkan konversi panas menjadi listrik dengan efisiensi konversi listrik tipikal pada rentang ~20–25% untuk skema WtE → listrik, sementara sisa energi termal (*heat reject*) dapat didaur ulang untuk pengeringan, pemanasan proses, dan pemanfaatan CHP guna menaikkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Zhang et al., 2022). Selain itu, jalur pirolisis menghasilkan produk cair dan gas dengan nilai kalor yang kompetitif (pyrolysis oil $\approx 25\text{--}45 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ atau lebih setelah upgrading), sehingga pirolisis juga berpotensi menyediakan bahan bakar proses atau *feedstock* yang mendukung *circular economy energy* di dalam fasilitas (Kabeyi & Olanrewaju, 2023).

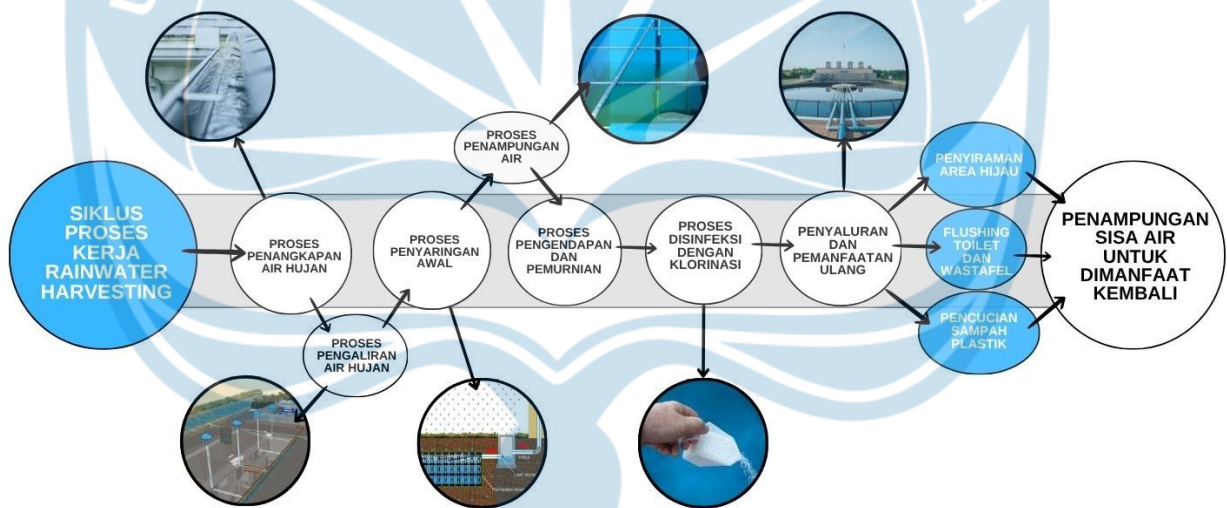
Dari hasil pengolahan 2 ton plastik per hari, fasilitas berpotensi menghasilkan sekitar 3.800–4.700 kWh listrik per hari, cukup untuk menyuplai energi bagi 100–130 rumah tangga skala menengah. Sementara panas sisa dapat digunakan kembali untuk mengeringkan hasil cacahan plastik, memanaskan air pencucian, atau menopang sistem pendingin berbasis panas (*absorption chiller*). Berdasarkan data pada tabel di atas, proses pengolahan sampah plastik dengan kapasitas 2 ton per hari memiliki potensi menghasilkan energi panas sebesar $\pm 70.000 \text{ MJ}$ atau setara dengan 18.890 kWh per hari. Melalui sistem *waste-to-energy* (WtE) dengan efisiensi konversi 20–25%, energi panas tersebut dapat dikonversi menjadi listrik sebesar 3.778 hingga 4.722 kWh per hari. Energi ini mampu memenuhi kebutuhan operasional fasilitas pengolahan, sistem pencahayaan, serta sebagian kebutuhan energi untuk galeri edukasi. Selain itu, sisa energi panas sebesar 11.300 hingga 15.000 kWh per hari dapat dimanfaatkan kembali melalui sistem *heat recovery* untuk mendukung proses internal seperti pemanasan air, pengeringan material plastik, serta sistem pendingin berbasis panas (*absorption cooling system*).

Penerapan sistem ini mendukung prinsip *eco-cycle*, di mana setiap energi yang dihasilkan dan digunakan kembali membentuk siklus tertutup yang efisien dan berkelanjutan. Energi panas yang dihasilkan dari pembakaran tidak hanya dikonversi menjadi listrik, tetapi juga diolah kembali untuk menopang proses-proses internal lainnya, sehingga tidak ada energi yang terbuang sia-sia. Dengan pendekatan ini, pusat pengolahan tidak hanya berfungsi sebagai fasilitas pengelolaan limbah, tetapi juga menjadi ekosistem mandiri yang mencerminkan keseimbangan antara teknologi, lingkungan, dan edukasi. Konsep *eco-cycle* ini mengintegrasikan aliran energi, air, dan

material dalam satu sistem terpadu yang saling mendukung, menciptakan lingkungan produksi yang berkelanjutan serta mengedukasi masyarakat mengenai pentingnya sirkularitas energi dalam pengelolaan sampah plastik.

2.6.3 Integrasi *Rainwater Harvesting* dan IPAL dalam Konsep *Eco-Cycle*

Rancangan sistem pengelolaan air pada kawasan Pusat Pengolahan Sampah Plastik dan Galeri Edukasi dirancang secara terpadu melalui integrasi antara sistem *Rainwater Harvesting* dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai bagian dari pendekatan *eco-cycle*. Sistem ini berfungsi sebagai siklus tertutup (*closed-loop system*) yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi pemanfaatan sumber daya air, tetapi juga pada keseimbangan ekologis dan nilai edukatif bagi pengunjung. Prinsip dasarnya adalah menjaga setiap tetes air agar tetap berada dalam siklus yang ditangkap, digunakan, diolah, dan dikembalikan ke lingkungan tanpa menimbulkan limbah.



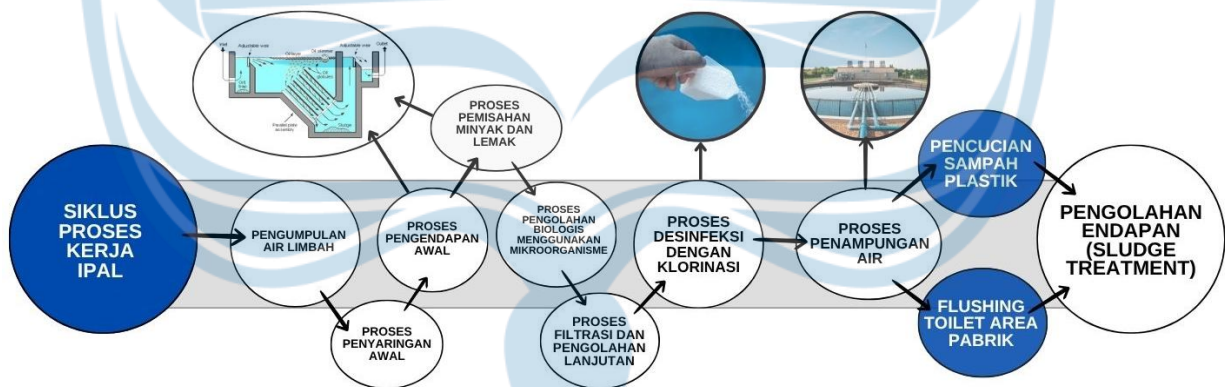
Gambar 2.20 : Diagram Proses Kerja *Rainwater Harvesting*

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025

Air hujan yang jatuh di kawasan ditangkap melalui atap bangunan, kanopi, dan area terbuka kemudian dialirkan melalui saluran berkemiringan terkontrol menuju sistem penyaring awal. Jalur aliran air ini menggunakan material permeabel seperti gravel dan *grass block* yang berfungsi memperlambat aliran, meningkatkan daya serap tanah, serta mengurangi limpasan permukaan. Selain berfungsi ekologis, penggunaan material tersebut juga memiliki nilai visual dan mampu mendukung pertumbuhan

vegetasi di atasnya, sehingga turut memperkuat konsep ruang hijau pada kawasan. Air hujan kemudian melewati sistem penyaringan awal (*first flush diverter* dan *mesh filter*) yang berfungsi membuang air hujan pertama yang mengandung debu dan kotoran dari permukaan atap sebelum masuk ke tahap penampungan.

Air yang telah tersaring ditampung pada tangki penyimpanan bawah tanah sebagai cadangan air non-minum. Di dalam tangki, air mengalami proses pengendapan alami sebelum dialirkan ke unit penyaringan lanjutan seperti *sand filter* dan *carbon filter* untuk menghilangkan sedimen halus, bau, serta warna. Proses desinfeksi dengan sistem UV atau klorinasi ringan dilakukan untuk memastikan kebersihan mikrobiologis sebelum air dialirkan ke tangki distribusi. Air hasil olahan ini digunakan kembali untuk kebutuhan *non-potable* seperti penyiraman taman, *flushing* toilet, wastafel, pembersihan area kerja, pencucian sampah plastik, serta pendinginan peralatan non-sanitasi. Ketika *volume* air hujan berlebih, sistem kolam retensi dan sumur resapan menampung air sementara dan mengembalikannya ke tanah melalui infiltrasi alami. Elemen ini tidak hanya berfungsi teknis, tetapi juga sebagai sarana edukatif dan ekologis yang memperlihatkan proses alami dalam pengelolaan sumber daya air.



Gambar 2.21 : Diagram Proses Kerja Instalasi Pengolahan Air Limbah

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025

Sementara itu, seluruh air limbah operasional dari kegiatan pencucian plastik, toilet, dan *wastafel* dialirkan menuju sistem IPAL terintegrasi. Proses pengolahan dimulai dari penyaringan awal (*screening*) untuk memisahkan padatan kasar, dilanjutkan ke bak pengendapan (*primary sedimentation*) untuk memisahkan partikel berat, dan grease trap untuk menghilangkan minyak atau lemak yang terbawa dari proses pencucian plastik. Tahap berikutnya adalah pengolahan biologis (*biological*

treatment) menggunakan sistem aerasi di mana mikroorganisme menguraikan zat organik dalam air limbah. Setelah itu, air dialirkan ke *secondary clarifier* untuk memisahkan lumpur aktif, kemudian melalui penyaringan lanjutan (*sand* dan *carbon filter*) dan desinfeksi sebelum ditampung dalam tangki hasil olahan. Air hasil IPAL yang telah memenuhi standar dapat digunakan kembali untuk fungsi non-minum seperti flushing toilet dan Pencucian sampah plastik, sedangkan endapan lumpur (*sludge*) dikeringkan melalui *sludge drying bed* atau *geobag filter*. Lumpur yang tidak berbahaya dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan urug atau media filter drainase, sedangkan lumpur yang mengandung mikroplastik dikategorikan sebagai limbah B3 dan dikirim ke fasilitas pengolahan resmi.

Keseluruhan sistem ini membentuk siklus air berkelanjutan (*eco-cycle*) yang saling terhubung antara air hujan, air penggunaan, dan air limbah. Air tidak langsung dibuang ke lingkungan, melainkan diproses, disaring, dan digunakan kembali dalam lingkup tapak. Air hujan berperan sebagai sumber utama, sementara IPAL memastikan setiap sisa air tetap aman dan bermanfaat sebelum dikembalikan ke alam. Dengan sistem ini, kawasan tidak hanya efisien secara ekologis dan hemat sumber daya, tetapi juga menjadi laboratorium edukatif hidup yang memperlihatkan kepada masyarakat bahwa pengelolaan air dapat dilakukan secara berkelanjutan, indah, dan fungsional sebagai bagian dari siklus kehidupan yang menyatu dengan alam.

2.7 Studi Preseden

A. Analisis Studi Preseden

1. *Factory in the Forest*



Gambar 2.22 : *Factory in the Forest*

Sumber : <https://www.archdaily.com/947771/factory-in-the-forest-design-unit/>

Factory in the Forest merupakan pabrik manufaktur elektronik yang dirancang sebagai bagian dari lanskap hutan. Konsep utamanya adalah integrasi antara arsitektur dan alam, dengan hutan yang menembus, mengelilingi, dan menaungi bangunan. Elemen struktural seperti kolom menyerupai batang pohon menopang kanopi yang menaungi kantor dan halaman. Material bangunan terdiri dari palet sederhana, beton, baja, dan kaca yang diekspresikan secara jujur. Ruang kerja difungsikan tidak hanya sebagai tempat produksi, tetapi juga sebagai lingkungan yang mendukung kesehatan mental dan kesejahteraan psikologis melalui kedekatan dengan alam.



Gambar 2.23 : Denah *Factory in the Forest*

Gambar 2.24 : Jalur Sirkulasi *Factory in the Forest*

Sumber : <https://www.archdaily.com/947771/factory-in-the-forest-design-unit/>

Tata letak bangunan membagi zona kantor dan pabrik dengan halaman hijau terbuka di tengah. Keduanya dihubungkan oleh jembatan yang juga berfungsi sebagai jalur sirkulasi utama dan ruang interaksi seperti tempat rapat, istirahat, atau kuliah singkat. Staf didorong untuk memanfaatkan area luar seperti taman atap untuk beristirahat atau bekerja secara informal, sehingga menciptakan sirkulasi aktif yang terus bersinggungan dengan alam sekitar.



Gambar 2.25 : Bukaannya dan Pencahayaan Alami *Factory in the Forest*

Sumber : <https://www.archdaily.com/947771/factory-in-the-forest-design-unit/>

Desain bangunan mengoptimalkan cahaya dan udara alami melalui berbagai bukaan. Kaca *clerestory* dan jendela kaca berukuran penuh memungkinkan cahaya alami masuk ke area produksi tanpa menimbulkan silau, berkat perlindungan sirip beton dan kisi-kisi atap. Sistem *skylight* dirancang berdasarkan simulasi cahaya untuk memastikan pencahayaan merata sepanjang tahun. Untuk ventilasi dan efisiensi energi, digunakan sistem pendingin pelat lantai radiasi berbasis air yang menyatu dengan struktur bangunan, menggantikan pendinginan konvensional secara lebih hemat energi.

2. *Waste Treatment Facility*



Gambar 2.26 : *Waste Treatment Facility* (Barcelona)

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-batlle-roig-architects?>

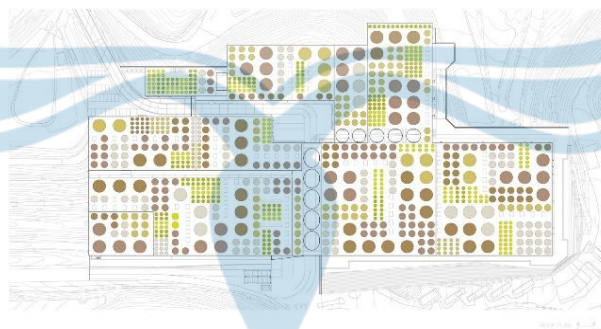
Waste Treatment Facility merupakan salah satu fasilitas industri yang berfokus pada pengolahan sampah, berlokasi di Vacarisses, Barcelona, Spanyol. Bangunan ini dirancang oleh arsitek ternama Batlle dan Roig yang menempati area seluas kurang lebih 45.000 m². Terletak di lereng perbukitan Vacarisses, tepatnya di wilayah Valles Occidental, pemilihan lokasi fasilitas ini dilakukan melalui serangkaian pertimbangan. Hal tersebut mencakup kesesuaian fungsi kawasan untuk pengolahan limbah, upaya meminimalkan dampak terhadap lingkungan, serta efisiensi operasional kegiatan yang berkaitan dengan sistem pengelolaan sampah.



Gambar 2.27 : Lokasi Barcelona *Waste Treatment Facility*

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-battle-roig-architects?>

Aktivitas di lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) telah menyebabkan perubahan topografi yang merusak dan berdampak negatif terhadap lingkungan alam sekitarnya. Pertimbangan inilah yang mendorong keputusan pembangunan fasilitas di kawasan yang telah mengalami degradasi akibat kegiatan TPA tersebut. *Waste Treatment Facility* memiliki kesadaran penuh bahwa keberadaan bangunan ini harus mampu berintegrasi secara harmonis dengan lanskap. Oleh karena itu, pendekatan yang diambil mencakup adaptasi bentuk topografi pada elemen atap dan fasad, yang dirancang untuk direstorasi agar selaras dengan kondisi lingkungan sekitar.

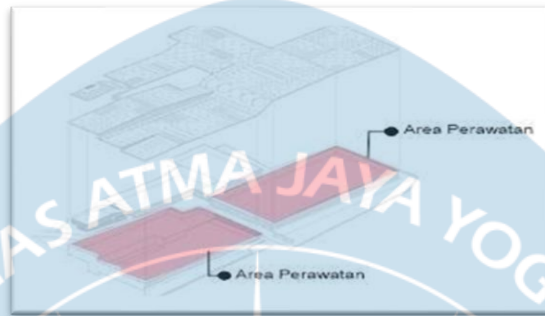


Gambar 2.28 : Gambar atap *Waste Treatment Facility*

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/>

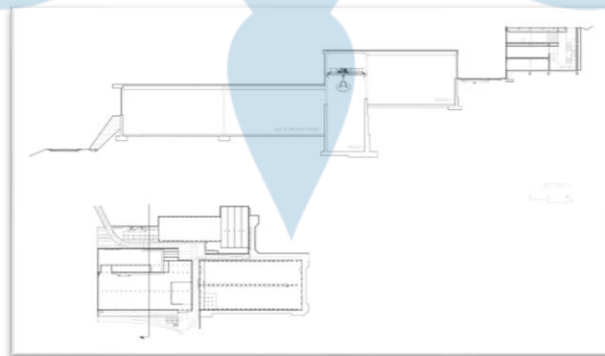
Atap bangunan dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan fungsional seperti ventilasi udara, pencahayaan alami (*skylight*), dan elemen lainnya. Seluruh elemen tersebut diintegrasikan ke dalam satu kesatuan bidang atap yang besar, yang dirancang untuk direstorasi sebagai bentuk adaptasi terhadap kontur topografi, baik

pada bagian atap maupun fasad. Beberapa elemen berbentuk lingkaran di permukaan atap diisi dengan tanah, kerikil, atau penutup vegetasi asli serta semak belukar, yang berfungsi sebagai elemen penyeimbang visual terhadap keberadaan fasilitas dan bertindak sebagai bentuk kamuflase atau mimikri terhadap lanskap alam sekitar.



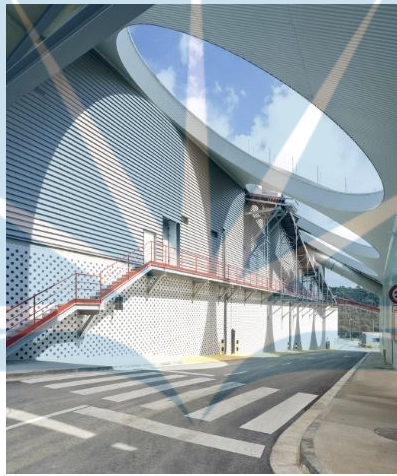
Gambar 2.29 : Gambar Area Perawatan *Waste Treatment Facility*
Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-batlle-roig-architects?>

Proyek ini mencakup pembangunan dua zona pengolahan utama yang terletak di bawah satu struktur atap besar yang menghubungkan keduanya dalam satu kesatuan. Kedua area pengolahan tersebut dipisahkan oleh koridor akses utama, dengan masing-masing berada pada elevasi yang berbeda. Perbedaan ketinggian inilah yang mendasari penyesuaian bentuk geometris atap agar selaras dengan konfigurasi ruang dan kontur dari masing-masing area pengolahan.



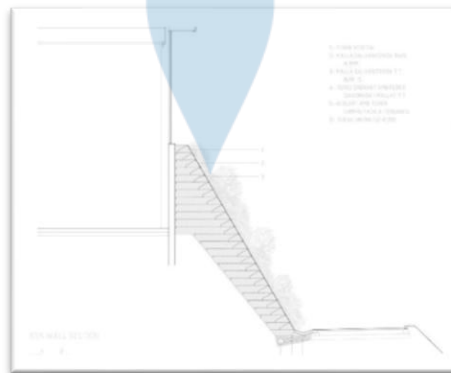
Gambar 2.30 : Gambar denah dan elevasi *Waste Treatment Facility*
Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-batlle-roig-architects?>

Waste Treatment Facility dirancang dengan konsep massa bangunan berbentuk dasar persegi panjang yang berfungsi sebagai elemen pembentuk ruang. Tata ruang bangunan ini diadaptasi sesuai dengan kondisi kontur lahan di lokasi, yang menghasilkan variasi elevasi antar massa bangunan. Fasilitas ini terdiri dari tiga massa utama yang dikonsolidasikan di bawah satu atap besar. Dalam hal struktur, bangunan menggunakan sistem bentang lebar dengan rangka batang, sedangkan sistem fondasinya mengadopsi pondasi tipe *pile cap* guna memastikan stabilitas dan kinerja fungsional bangunan secara optimal. Dalam hal ini, desain bangunan menitik beratkan pada penerapan pencahayaan alami dan penghawaan alami, terdapat elemen ventilasi udara, *skylight*, dan lainnya



Gambar 2.31 : Gambar penerapan cahaya alami *Waste Treatment Facility*

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-battle-roig-architects?>



Gambar 2.32 : Gambar *Green Wall Waste Treatment Facility*

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-battle-roig-architects?>

Adapun cara yang digunakan *Waste Treatment Facility* untuk menyeimbangkan topografi yang sudah rusak akibat TPA yaitu dengan memanfaatkan dinding fasad menjadi *greenwall* yang mampu menjadi cara dalam menyeimbangkan alam.

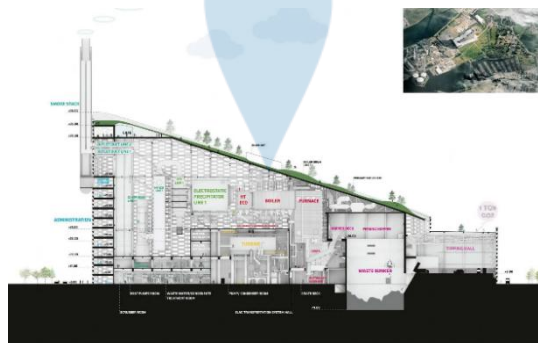
3. *Amager Bakke Waste-to-Energy Plant*



Gambar 2.33 : *Amager Bakke Waste-to-Energy Plan*

Sumber : <https://www.archdaily.com/191295/waste-treatment-facility-batlle-roig-architects?>

Pabrik Amager Bakke memiliki keunikan berupa fasilitas lereng sky dan dinding panjang tebing. Selain unggul dalam aspek lingkungan, produksi energi, dan kenyamanan lingkungan kerja, pabrik ini juga menjadi salah satu ikon penting di ibu kota Denmark. Dengan penerapan teknologi canggih, Amager Bakke menunjukkan performa lingkungan yang sangat baik, karena mampu memaksimalkan efisiensi energi dari limbah yang diolah.



Gambar 2.34 : Proses Pengolahan Limbah di Amager Bakke *Waste-to-Energy Plant*

Sumber : <https://arquitecturaviva.com/works/amager-resource-center-copenhill-in-copenhagen>

Pabrik ini merupakan fasilitas inovatif yang menggabungkan pembangkit listrik ramah lingkungan dengan ruang publik multifungsi. Atap bangunannya dimanfaatkan sebagai area rekreasi dengan lereng ski sepanjang 500 meter, *sky lift*, jalur lari, hiking, dan area *street fitness*. Lanskapnya didesain dengan elemen ekologis seperti biotop pegunungan dan padang rumput, serta pohon pelindung angin. Terdapat pula area bermain, ruang istirahat, dinding panjat, dan titik pandang untuk menikmati panorama kota. Proyek ini menjadi contoh integrasi arsitektur industri dengan ruang hijau publik yang fungsional, berkelanjutan, dan inklusif.



Gambar 2.35 : Penerapan Ruang Publik Hijau *Amager Bakke Waste-to-Energy Plant*

Sumber : <https://www.archdaily.com/925970/copenhill-energy-plant-and-urban-recreation-center-big>

4. *Bozen Waste to Energy Plant*



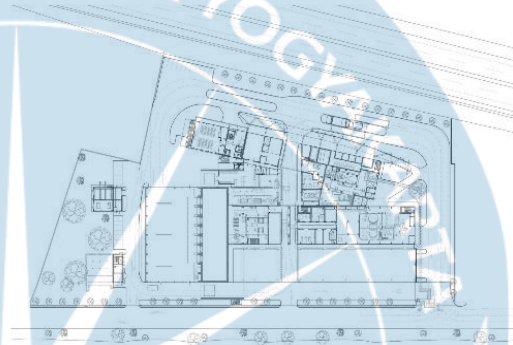
Gambar 2.36 : *Bozen Waste to Energy Plant*

Sumber : <https://www.archdaily.com/506227/bozen-waste-to-energy-plant-cl-and-aa-architects?>

Pendirian pabrik *Bozen Waste to Energy Plant* yang baru dirancang guna menggantikan fasilitas lama yang telah beroperasi sejak akhir tahun 1980-an. Pabrik pengolahan limbah menjadi energi ini berlokasi di pintu masuk selatan kota Bolzano, berdekatan dengan kawasan industri yang terletak di antara Sungai Isarco dan jalan raya utama, dikelilingi oleh panorama pegunungan serta kebun anggur yang memerlukan perlindungan khusus. Dalam konteks lingkungan dan budaya yang kaya tersebut, proyek ini bertujuan untuk meredefinisi hubungan antara pabrik limbah sebagai infrastruktur dan kota sebagai lanskap perkotaan.



Gambar 2.37 : Desain Visual Bangunan



Gambar 2.38 : Denah Bangunan

Sumber : <https://www.archdaily.com/506227/bozen-waste-to-energy-plant-cl-and-aa-architects?>

Desain eksterior bangunan dirancang untuk meminimalkan dampak visual fasilitas industri dengan menciptakan sebuah struktur yang kohesif, di mana garis dan warna bangunan berusaha menyatu dengan cakrawala sekitar, menciptakan harmoni antara elemen alami dan buatan demi menghadirkan pemaknaan lanskap yang lebih baik.



Gambar 2.39: Lapisan Penghalang

Sumber : <https://www.archdaily.com/506227/bozen-waste-to-energy-plant-cl-and-aa-architects?>

Pada kompleks ini terdiri dari dua bangunan utama dengan ketinggian yang berbeda, memiliki luas total sekitar 25.000 meter persegi. Bagian turbin dan ruang transformator dibungkus dengan lapisan aluminium berwarna hijau yang tidak hanya berfungsi sebagai pelindung, tetapi juga sebagai peredam suara.

5. *Eco-cycle Pavillion*



Gambar 2.40 : *Eco-cycle Pavillion*

Sumber : <https://www.archdaily.com/1003155/eco-cycle-pavilion-4ps-restaurants-takashi-nishitani-architects/>

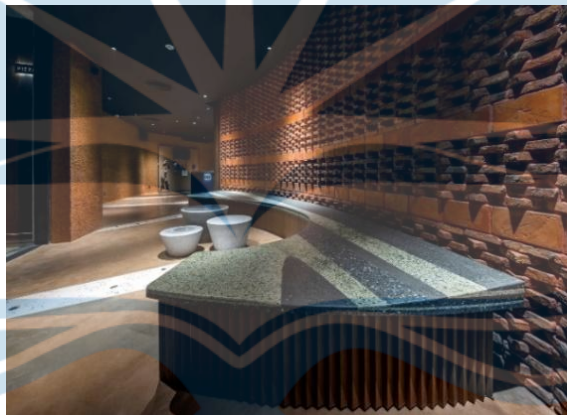
Eco-cycle Pavillion merupakan sebuah restoran yang mengadopsi berbagai pendekatan inovatif dalam mengatasi tantangan keberlanjutan. Restoran ini sebelumnya telah mengembangkan konsep restoran berkelanjutan di Vietnam dan Kamboja, dengan tujuan menyampaikan pengalaman edukatif melalui metode *edutainment*, penggabungan antara pendidikan dan hiburan kepada para pengunjungnya. Untuk memperluas jangkauan dan dampak dari inisiatif ini, Takashi Niwa Architects bersama klien melakukan kolaborasi dengan Becamex Tokyu guna memperkenalkan dan mengintegrasikan gaya hidup berkelanjutan dalam konteks pengembangan kota baru tersebut.



Gambar 2.41 : Sirkulasi Paviliun Dikelilingi Lanskap

Sumber : <https://www.archdaily.com/1003155/>

Sirkulasi ekologis diwujudkan melalui alur pergerakan di dalam paviliun yang dikelilingi oleh lanskap dengan berbagai jenis pohon buah seperti pisang, belimbing, mangga, dan jeruk bali, yang berfungsi memberikan keteduhan, pemandangan hijau yang menyegarkan, serta hasil buah yang dapat dinikmati.



Gambar 2.42 : Penggunaan Material Daur Ulang

Sumber : <https://www.archdaily.com/1003155/eco-cycle-pavilion-4ps-restaurants-takashi-nishitani-architects/>

Setelah melewati kolam yang berisi ikan konsumsi, para pengunjung disambut di pintu masuk restoran oleh sebuah bangku besar yang terbuat dari plastik hasil daur ulang.



Gambar 2.43: Denah *Eco-cycle Pavillion*

Sumber : <https://www.archdaily.com/1003155/eco-cycle-pavilion-4ps-r-estaurants-takashi-nishitani-architects/>

Saat memasuki ruang makan, pengunjung akan menemukan taman dalam yang berada di ruang terbuka, menampilkan cahaya matahari yang indah dan berubah intensitasnya sepanjang hari. Sirkulasi utama restoran terpusat di sekitar taman dalam tersebut dan berkembang menuju area taman makan serta taman luar.



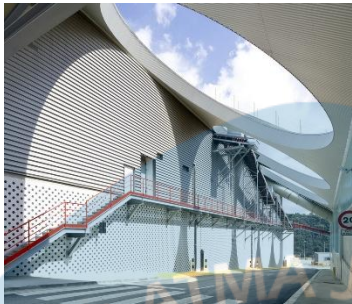
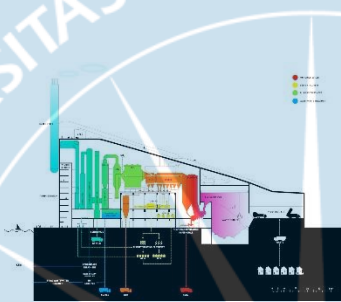
Gambar 2.44: Kebun di Area Restoran

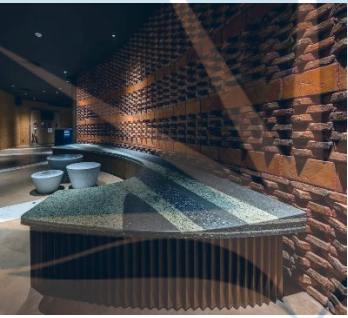
Sumber : <https://www.archdaily.com/1003155/eco-cycle-pavilion-4ps-restaurants-takashi-nishitani-architects/>

B. Penerepan Studi Preseden

Tabel 2.1 Tabel Penerapan Studi Preseden

Preseden	Gambar	Interpretasi Penerapan
<i>Factory in the Forest</i>		Mengintegrasikan arsitektur dengan alam Konsep ini menempatkan bangunan sebagai bagian dari lingkungan alami. Arsitektur tidak berdiri terpisah dari alam, tetapi dirancang agar menyatu dengan vegetasi, kontur tapak, dan ruang terbuka di sekitarnya, sehingga bangunan terasa lebih alami dan tidak mendominasi lingkungan.
		Menerapkan jalur sirkulasi yang interaktif dan terhubung dengan alam Sirkulasi dalam bangunan dirancang sebagai pengalaman ruang, bukan sekadar jalur perpindahan. Jalur ini memungkinkan pengguna berinteraksi secara visual dan fisik dengan elemen alam, seperti taman, pepohonan, dan ruang terbuka, sehingga pergerakan terasa lebih nyaman dan menarik.
		Memaksimalkan pencahayaan alami Pencahayaan alami menjadi elemen utama dalam pembentukan ruang. Bukaan dan orientasi bangunan dirancang agar cahaya matahari dapat masuk secara optimal, menciptakan ruang yang terang, sehat, dan mengurangi kesan tertutup khas bangunan industri.
<i>Waste Treatment Facility</i>		Atap bangunan dirancang sesuai kebutuhan fungsional Atap bangunan dirancang berdasarkan kebutuhan aktivitas dan proses di dalamnya. Bentuk dan konfigurasi atap tidak bersifat dekoratif semata, tetapi menjadi respons langsung terhadap fungsi bangunan, seperti kebutuhan ruang, ventilasi, dan pencahayaan.

Preseden	Gambar	Interpretasi Penerapan
		Penerapan bukaan sebagai penghawaan dan pencahayaan alami Bukaan pada bangunan berperan penting dalam menciptakan kenyamanan ruang. Melalui penempatan bukaan yang tepat, bangunan memungkinkan aliran udara alami dan masuknya cahaya matahari, sehingga ruang terasa lebih terbuka dan tidak pengap.
Amager Bakke Waste Treatment Facility		Memaksimalkan efisiensi energi dari hasil pengolahan limbah Konsep utama preseden ini adalah memanfaatkan hasil pengolahan limbah secara optimal sebagai sumber energi. Bangunan dipahami sebagai bagian dari sistem produksi energi yang efisien, sehingga limbah tidak hanya diolah, tetapi juga memberikan nilai guna tambahan.
		Mengintegrasikan arsitektur industri dengan ruang hijau publik Bangunan industri dirancang berdampingan dengan ruang hijau yang dapat digunakan oleh masyarakat. Integrasi ini mengubah citra fasilitas industri menjadi lebih terbuka dan ramah, serta memungkinkan keberadaan ruang publik yang aktif dan fungsional.
Bozen Waste to Energy Plant		Desain eksterior meminimalkan kesan kaku bangunan industri Fokus utama konsep ini adalah mereduksi tampilan visual bangunan industri yang umumnya kaku dan masif. Melalui pengolahan bentuk, material, dan warna, bangunan dirancang agar tampil lebih halus dan kontekstual terhadap lingkungan sekitarnya.
Eco-cycle Pavilion		Area sirkulasi dikelilingi lanskap yang menggambarkan sirkulasi ekologis

Preseden	Gambar	Interpretasi Penerapan
		Sirkulasi pengunjung dirancang mengelilingi elemen lanskap yang memiliki makna edukatif. Lanskap ini berperan sebagai media visual untuk menggambarkan proses dan hubungan antar elemen ekologis secara berurutan dan mudah dipahami.
		
		Penggunaan furnitur dari plastik daur ulang dan keterhubungan ruang luar dalam Furnitur dari material plastik daur ulang digunakan sebagai bagian dari narasi ruang. Elemen ini sekaligus menghubungkan ruang luar dan ruang dalam, menciptakan transisi yang lembut serta pengalaman ruang yang berkelanjutan dan saling terhubung.

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2025