

**PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAAN SAMPAH  
TERPADU DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR  
DAUR ULANG DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ROSALITA DEBORA IMMANAULI  
NPM :1655012007**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## **ABSTRAK**

### **PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAAN SAMPAH TERPADU DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR DAUR ULANG DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

**Disusun oleh :**

**Rosalita Debora Immanauli**

Sampah merupakan suatu masalah lingkungan yang sering terjadi di setiap daerah. Bahkan sampai mengalami penumpukan sehingga memberikan dampak yang besar bagi lingkungan maupun masyarakat seperti di Kota Bandar Lampung. Namun, seiringnya kemajuan kota yang semakin pesat membuat masyarakat kurang menyadari akan pentingnya kebersihan lingkungan. Hal tersebut dapat kita lihat di beberapa daerah dalam perkotaan bahkan di pesisir kota Bandar Lampung, yang sering terjadi penumpukan sampah, sehingga menyebabkan banjir di beberapa titik Kota Bandar Lampung. Oleh sebab itu, pentingnya sebuah fasilitas pengelolaan sampah terpadu untuk menangani masalah lingkungan yang terjadi di Kota Bandar Lampung. Fasilitas ini tidak hanya berfungsi sebagai tempat pengelolaan sampah, namun juga berfungsi sebagai wadah edukasi dan konsultasi mengenai masalah lingkungan yang sering menjadi sorotan, supaya masyarakat juga sadar dan memahami pentingnya menjaga suatu lingkungan yang ada di sekitar kita. Tema yang digunakan dalam perancangan fasilitas pengelolaan sampah terpadu adalah arsitektur daur ulang. Arsitektur Daur Ulang merupakan salah satu bentuk konsep desain arsitektur yang memperhatikan masalah sampah dan berwawasan lingkungan. Arsitektur Daur Ulang memiliki orientasi utama pada model pembangunan yang memperhatikan keseimbangan lingkungan alam dan lingkungan buatan yang harmonis antara lingkungan, manusia, dan bangunan.

**Kata Kunci : Fasilitas, Pengelolaan, Sampah, Arsitektur Daur Ulang, Lingkungan, Bandar Lampung**

**PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAAN  
SAMPAH TERPADU DENGAN PENDEKATAN  
ARSITEKTUR DAUR ULANG DI KOTA BANDAR  
LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ROSALITA DEBORA IMMANAULI  
NPM :1655012007**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai  
SARJANA 1 ARSITEKTUR**

**Pada**

**Jurusan Arsitektur  
Program Studi S1 Arsitektur**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Skripsi : **PERANCANGAN FASILITAS PENGELOLAAN SAMPAH TERPADU DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR DAUR ULANG DI KOTA BANDAR LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Rosalita Debora Immanauli**

No.Pokok Mahasiswa : 1655012007

Progam Study : S1 Arsitektur

Jurusan : Arsitektur

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Lampung



**Ir. Agung C Nugroho, S.T., M.T.**  
NIP : 197603022006041002

**Dona Jonnata, S.T., M.T.**  
NIP : 198609172019031011

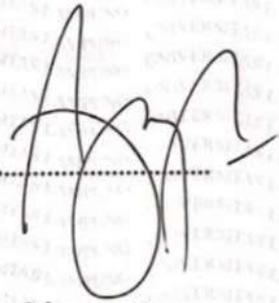
2. Ketua Jurusan Arsitektur

**Ir. Agung C Nugroho, S.T., M.T.**  
NIP : 197603022006041002

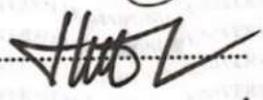
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

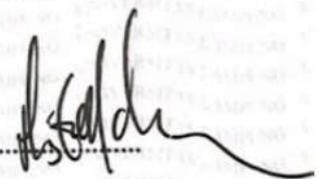
**Ketua : Ir. Agung C Nugroho, S.T., M.T.**  
**NIP : 197603022006041002**



**Sekretaris : Dona Jhonnata, S.T., M.T.**  
**NIP : 198609172019031011**



**Penguji (Bukan Pembimbing) : MM. Hizbullah Sesunan, S.T., M.T.**  
**NIP : 198108232008121001**



**2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**  
**NIP. 1975092820011210002**



**Tanggal lulus Ujian : 23 November 2022**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis lahir di Bandung pada tanggal 26 Agustus 1998. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara, yang terlahir dari pasangan suami-istri Bapak Rosaut Maringantua Lumban Tobing dan Ibu Lisbeth Hutagalung.

Pendidikan yang telah ditempuh penulis antara lain sebagai berikut :

1. Taman Kanak-Kanak Strada Budi Luhur Bekasi, diselesaikan pada tahun 2004.
2. Pendidikan di Sekolah Dasar Strada Budi Luhur II Bekasi diselesaikan pada tahun 2010.
3. Kemudian Pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Strada Budi Luhur Bekasi diselesaikan pada tahun 2013.
4. Dilanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Atas Kristen Penabur Summarecon Bekasi diselesaikan pada tahun 2016.

Selanjutnya pada tahun 2016 Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pada Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Kemudian penulis menyusun skripsi berjudul Perancangan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan Pendekatan Arsitektur Daur Ulang di Kota Bandar Lampung sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan pada S1 Arsitektur.

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “Perancangan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan Pendekatan Arsitektur Daur Ulang di Kota Bandar Lampung” dan tidak lupa doa kepada Tuhan Yang Maha Pengasih yang mana sampai saat ini penulis merasakan kasih dan karunia dari Tuhan sehingga proses dalam penulisan skripsi dapat berjalan dengan baik .

Skripsi ini merupakan hasil penulis yang telah observasi dan menyusun selama kurang lebih 180 hari kalender dari bulan Oktober 2021 – Maret 2022. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa/i Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Lampung.

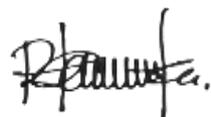
Pada penyusunan laporan ini penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan., S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

2. Bapak Ir. Agung Cahyo Nugroho, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan  
Arsitektur
3. Bapak Ir. Agung Cahyo Nugroho, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi  
S1 Arsitektur.
4. Bapak Ir. Agung Cahyo Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing 1  
Persiapan Tugas Akhir.
5. Bapak Dona Jhonnata, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing 2 Persiapan  
Tugas Akhir.
6. Ayah, ibu, dan keluarga tercinta yang telah memberikan dorongan material  
dan doa dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman mahasiswa S1 Arsitektur Universitas Lampung seluruh  
angkatan, khususnya tahun angkatan 2016.
8. Teman-teman yang menjadi tim sukses dalam pengerjaan skripsi ini.

Semoga Tuhan senantiasa memberikan damai dan kasih-Nya serta berkat kepada kita dalam menjalani kehidupan yang Tuhan kehendaki. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Untuk itu , penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita.

Bandar Lampung, 10 November 2022



**Rosalita Debora Immanauli**  
**NPM 1655012007**

## SURAT PERNYATAAN

Nama : Rosalita Debora Immanauli

NPM :1655012007

Jurusan : SI Arsitektur

Fakultas : Teknik

Universitas : Lampung

Yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dibuat dengan data-data yang sudah diperoleh dari observasi studi literatur, studi preseden yang dilakukan dalam riset.

Bandar Lampung, November 2022



**ROSALITA DEBORA IMMANAULI**  
NPM. 1655012007

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENYETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>v</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xix</b>
 <b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Rumusan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Batas dan Ruang Lingkup .....	7

1.7 Metode Pengumpulan Data .....	8
1.8 Sistematika Penulisan .....	8
1.9 Kerangka Berpikir .....	10

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu .....	11
2.1.1 Pengertian Fasilitas .....	11
2.1.2 Pengertian Pengelolaan .....	11
2.1.3 Pengertian Sampah.....	12
2.1.4 Pengertian Terpadu .....	12
2.1.5 Pengertian Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu.....	12
2.1.6 Fungsi dan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu .....	13
2.2 Tinjauan Sampah.....	14
2.2.1 Klasifikasi Sampah.....	14
2.2.2 Sumber Sampah .....	17
2.2.3 Pengelolaan Sampah .....	18
2.2.4 Kondisi Sampah di Kota Bandar Lampung .....	19
2.2.5 Sarana dan Prasarana Sampah di Kota Bandar Lampung..	20
2.3 Tinjauan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu .....	22
2.3.1 Fasilitas dan Lingkungan Laboratorium.....	22
2.3.2 Peralatan Laboratorium .....	25
2.4 Arsitektur Daur Ulang.....	27
2.4.1 Ekologi Bahan .....	27

2.4.1.1	<i>Sustainable Development</i> .....	27
2.4.1.2	Daur Hidup Bahan .....	27
2.4.1.3	Klasifikasi Bahan Bangunan Secara Ekologis .....	40
2.4.2	Daur Ulang .....	43
2.4.2.1	Pengertian Daur Ulang .....	44
2.4.2.2	Termodinamika Daur Ulang.....	46
2.4.2.3	Daur Ulang pada Lingkung Bangun.....	49
2.5	Studi Preseden Pendekatan Sejenis .....	56
2.5.1	The EcoARK, Taiwan .....	56
2.5.2	<i>Rioglass Solar Production Plant</i> , Lena, Spanyol .....	59
2.6	Studi Preseden Bangunan Sejenis .....	65
2.6.1	<i>Waste Treatment Plant</i> , Israel Alba.....	65
2.6.2	<i>Sustainism Lab</i> , Bali .....	68
2.7	Keluaran Hasil Studi Preseden dan Studi Banding .....	73

### **BAB III. METODE PERANCANGAN**

3.1	Ide Perancangan .....	77
3.2	Pendekatan Perancangan .....	77
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	78
3.3.1	Data Primer .....	78
3.3.2	Data Sekunder .....	78
3.4	Analisis Perancangan.....	79
3.5	Konsep Perancangan.....	80
3.6	Alur Perancangan .....	81

## **BAB IV ANALISIS PERANCANGAN**

4.1 Analisis Makro .....	82
4.2 Penentuan Tapak .....	83
4.2.1 Kriteria Tapak .....	83
4.2.2 Lokasi Tapak .....	85
4.3 Analisis Tapak.....	87
4.3.1 Lokasi dan Batas Tapak.....	88
4.3.2 Ukuran .....	89
4.3.3 Regulasi Tapak .....	90
4.3.4 Kondisi Fisik Alamiah.....	91
4.3.5 Sirkulasi .....	94
4.3.6 Penginderaan.....	96
4.3.7 Manusia dan Budaya.....	99
4.3.8 Iklim.....	100
4.4 Fungsi .....	103
4.5 Analisis Khusus.....	104
4.6 Analisis Pengguna .....	105
4.6.1 Analisis Kategori Pengguna.....	106
4.6.2 Analisis Pola Aktivitas Pengguna.....	106
4.6.3 Analisis Pengguna dan Jumlah Pengguna .....	110
4.6.4 Alur Sirkulasi Pengguna.....	113

4.7 Analisis Ruang .....	115
4.7.1 Analisis Kebutuhan Ruang .....	116
4.7.2 Analisis Persyaratan Ruang .....	128
4.7.3 Diagram Hubungan Ruang .....	130

## **BAB V. KONSEP PERANCANGAN**

5.1 Konsep Utama 3R: <i>Reduce, Reuse, Recycle</i> .....	138
5.2 Konsep Zonasi .....	139
5.3 Konsep Bentuk dan Gubahan Massa .....	141
5.4 Konsep Fasad Bangunan .....	141
5.5 Konsep Ruang .....	143
5.5.1 Konsep Tata Ruang Luar .....	144
5.6 Konsep Tata Ruang Dalam.....	146
5.7 Konsep Sistem Struktur .....	148
5.8 Konsep Jaringan Utilitas.....	149
5.8.1 Sistem Penyedia Air Bersih .....	149
5.8.2 Sistem Penyedia Air Kotor .....	149
5.8.3 Sistem Penyiraman Tanaman .....	150
5.8.4 Sistem Proteksi Kebakaran .....	151

## **BAB VI. HASIL REDESAIN**

6.1 Hasil Perancangan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu.....	153
6.2 Tapak Kawasan .....	153
6.3 Zonasi Kawasan .....	154
6.4 Tata Masa Kawasan .....	155
6.5 Sirkulasi Kawasan.....	156
6.6 Perspektif Tapak.....	156
6.6.1 Eksterior .....	156
6.6.2 Interior.....	158
6.7 Hasil Perancangan Bangunan.....	160
6.7.1 Bangunan Edukasi.....	160
6.7.2 Bangunan Penelitian dan <i>Office</i> .....	163
6.7.3 Bangunan Pengelolaan Sampah .....	167

## **BAB VII. PENUTUP**

7.1 Kesimpulan .....	170
7.2 Saran.....	171

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Daur Material Vernis.....	33
Gambar 2.2 Daur Materi secara Alam.....	37
Gambar 2.3 Daur Materi yang Terganggu Aktivitas Manusia.....	37
Gambar 2.4 <i>Recycle</i> dalam Daur Bahan.....	44
Gambar 2.5 Diagram Sistem yang Tidak Berkelanjutan .....	49
Gambar 2.6 Diagram Sistem yang Berkelanjutan.....	49
Gambar 2.7 Eksterior dan Interior The EcoARK .....	57
Gambar 2.8 The EcoARK pada malam hari .....	57
Gambar 2.9 Perspektif The EcoARK.....	58
Gambar 2.10 Susunan Botol Plastik .....	58
Gambar 2.11 Perspektif <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	59
Gambar 2.12 Tampak Samping <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	60
Gambar 2.13 Bentuk Panel Surya .....	61
Gambar 2.14 Panel Surya <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	61
Gambar 2.15 Panel <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	62
Gambar 2.16 Fasad Bangunan <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	62
Gambar 2.17 Tiang Bangunan <i>Rioglass Solar Production Plant</i> .....	63
Gambar 2.18 Lokasi <i>Waste Treatment Plant</i> .....	65
Gambar 2.19 Gerbang Akses Utama <i>Waste Treatment Plant</i> .....	66
Gambar 2.20 Skema Bangunan <i>Waste Treatment Plant</i> .....	66

Gambar 2.21	Tahapan – Tahapan Pengunjung untuk akses masuk WTP.....	67
Gambar 2.22	Ruang Alat Pengelolaan Sampah .....	69
Gambar 2.23	Hasil Karya <i>Sustainism Lab</i> .....	70
Gambar 2.24	Fasad Bangunan <i>Sustainism Lab</i> .....	71
Gambar 4.1	Peta Kota Bandar Lampung .....	82
Gambar 4.2	Fasilitas Sekitar <i>Site</i> .....	86
Gambar 4.3	Lokasi dan Batas Tapak Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu.....	88
Gambar 4.4	<i>Site</i> Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu .....	90
Gambar 4.5	Kontur Tapak.....	91
Gambar 4.6	Solusi Letak Vegetasi.....	92
Gambar 4.7	Vegetasi Pengarah, Peneduh, Penyerap Polutan .....	93
Gambar 4.8	Vegetasi Penghias dan Membantu Meminimalisir Aroma Tidak Sedap .....	93
Gambar 4.9	Jalur Sirkulasi.....	94
Gambar 4.10	Solusi Jalur Sirkulasi.....	95
Gambar 4.11	Ilustrasi Kebisingan pada Tapak.....	97
Gambar 4.12	Arah Pandangan pada Tapak.....	98
Gambar 4.13	Lokasi Permukiman Kumuh.....	99
Gambar 4.14	Arah Angin.....	100
Gambar 4.15	Arah Matahari .....	101
Gambar 4.16	<i>Glass block</i> .....	102
Gambar 4.17	Roster .....	103
Gambar 5.1	Zonasi Bangunan .....	139
Gambar 5.2	Gubahan Massa .....	141

Gambar 5.4 Roster .....	142
Gambar 5.5 <i>Glass block</i> .....	143
Gambar 5.6 Contoh Ruang Terbuka Hijau .....	144
Gambar 5.7 <i>Grassblock</i> .....	145
Gambar 5.8 Rumput Gajah .....	145
Gambar 5.9 Penggunaan Panel untuk Tempat Duduk Pengunjung dalam Ruangan <i>Workshop</i> .....	146
Gambar 5.10 Penggunaan Pipa Beton untuk Ruang Tunggu atau Tempat Membaca Pengunjung .....	147
Gambar 5.11 Penggunaan Panel Surya untuk Sumber Listrik pada Bangunan ..	147
Gambar 5.12 Sistem <i>Up Feed</i> .....	149
Gambar 5.13 Sistem Air Kotor .....	150
Gambar 5.14 Sprinkler Taman.....	151
Gambar 6.1 <i>Siteplan</i> .....	153
Gambar 6.2 Zonasi .....	154
Gambar 6.3 Tata Masa .....	155
Gambar 6.4 Sirkulasi.....	156
Gambar 6.5 Suasana Bangunan Edukasi.....	156
Gambar 6.6 Suasana Bangunan Edukasi.....	157
Gambar 6.7 <i>View</i> dari Arah Area Pos <i>Quality Control</i> .....	157
Gambar 6.8 <i>View</i> dari Arah Area Klinik.....	157
Gambar 6.9 <i>View</i> dari Arah Area Pintu Masuk Truk.....	158
Gambar 6.10 Suasana Bangunan Pengelolaan Sampah .....	158
Gambar 6.11 Suasana Taman.....	158
Gambar 6.12 Suasana <i>Playground</i> .....	159

Gambar 6.13	Suasana Mini Galeri & Lobby.....	159
Gambar 6.14	Suasana Ruang Tunggu.....	159
Gambar 6.15	Denah Lantai 1 Bangunan Edukasi .....	160
Gambar 6.16	Denah Lantai 2 Bangunan Edukasi .....	161
Gambar 6.17	Denah Lantai 3 Bangunan Edukasi .....	161
Gambar 6.18	Potongan A-A Bangunan Edukasi.....	162
Gambar 6.19	Potongan B-B Bangunan Edukasi .....	162
Gambar 6.20	Tampak Belakang Bangunan Edukasi.....	162
Gambar 6.21	Tampak Samping Kanan Bangunan Edukasi .....	163
Gambar 6.22	Tampak Depan Bangunan Edukasi .....	163
Gambar 6.23	Tampak Samping Kiri Bangunan Edukasi .....	163
Gambar 6.24	Denah Lantai 1 Bangunan Penelitian & Office .....	164
Gambar 6.25	Denah Lantai 2 Bangunan Penelitian & Office .....	164
Gambar 6.26	Potongan B-B Bangunan Penelitian & Office .....	165
Gambar 6.27	Potongan A-A Bangunan Penelitian & Office.....	165
Gambar 6.28	Tampak Depan Bangunan Penelitian & Office .....	165
Gambar 6.29	Tampak Samping Kiri Bangunan Penelitian & Office .....	166
Gambar 6.30	Tampak Samping Kanan Bangunan Penelitian & Office .....	166
Gambar 6.31	Tampak Belakang Bangunan Penelitian & Office.....	166
Gambar 6.32	Denah Lantai 1 Bangunan Pengelolaan Sampah .....	167
Gambar 6.33	Potongan A-A Bangunan Pengelolaan Sampah.....	167
Gambar 6.34	Potongan B-B Bangunan Pengelolaan Sampah .....	168
Gambar 6.35	Tampak Depan Bangunan Pengelolaan Sampah.....	168
Gambar 6.36	Tampak Belakang Bangunan Pengelolaan Sampah .....	168
Gambar 6.37	Tampak Samping Kanan Bangunan Pengelolaan Sampah .....	169
Gambar 6.38	Tampak Samping Kiri Bangunan Pengelolaan Sampah .....	169

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Contoh Hasil LCA .....	35
Tabel 2.2	<i>Embodied Energy</i> pada Material.....	39
Tabel 2.3	Kesimpulan Hasil Studi Preseden <i>Rioglass</i> .....	63
Tabel 2.4	Kesimpulan Hasil Studi Preseden WTP .....	68
Tabel 2.5	Kesimpulan Hasil Studi Preseden <i>Sustainism Lab</i> .....	72
Tabel 2.6	Analisis Hasil Studi Preseden dan Studi Banding .....	73
Tabel 4.1	Kriteria Tapak .....	83
Tabel 4.2	Aspek Analisis .....	87
Tabel 4.3	Kategori Pengguna.....	106
Tabel 4.4	Analisis Aktivitas.....	107
Tabel 4.5	Analisis Fungsi, Pengguna, dan Jumlah Pengguna.....	110
Tabel 4.6	Kebutuhan Ruang .....	116
Tabel 5.1	Sistem Struktur .....	148
Tabel 5.2	Sistem Proteksi Kebakaran .....	151



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Provinsi Lampung memiliki wilayah perairan cukup luas (16.625,3 km<sup>2</sup>), terdiri dari Teluk Lampung, Selat Sunda, Teluk Semangka, Pantai Barat, Pantai Timur, dan pulau – pulau kecil. Teluk Lampung adalah sebuah teluk di perairan Selat Sunda yang berada di Selatan Lampung. Diteluk ini bermuara dua sungai yang membelah Kota Bandar Lampung. Teluk ini berada di antara Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan, dan Kabupaten Pesawaran, Pelabuhan Panjang juga terdapat di teluk ini. Dari Kota Bandar Lampung ke Teluk Lampung dapat ditempuh dengan waktu 35menit, dari Kabupaten Lampung Selatan ke Teluk Lampung dapat ditempuh dengan waktu 1 jam 7 menit, dan dari Kabupaten Pesawaran ke Teluk Lampung dapat ditempuh dengan waktu 1 jam 56 menit. Pulau Pasaran, Pulau Sebesi, Pulau Sebuku, Pulau Legundi, Pulau Kelagian, Pulau Condong Laut, Pulau Tangkil, Pulau Tegal, dan pulau kecil lainnya adalah gugusan kepulauan yang berada di Teluk Lampung.<sup>1</sup>

Bandar Lampung juga merupakan salah satu kota di Indonesia, yang selalu mengalami peningkatan jumlah sampah di setiap tahunnya. Menurut data Dinas Lingkungan Hidup Lampung, sekitar 57.000 ton sampah masuk ke perairan Lampung pertahun. Dari jumlah tersebut, sekitar 19.000 ton berada di pesisir Teluk Lampung. Adapun sampah menuju laut di sekitar Kota Bandar Lampung, lebih dari 8.000 ton per tahun.<sup>2</sup> Penumpukan sampah di pesisir Bandar Lampung, tak lepas dari kontribusi sampah yang tak selesai di proses di darat. Berdasarkan data Wahana Lingkungan Hidup, sampah di pesisir selain berasal dari aktivitas masyarakat ada juga kontribusi kiriman yang dibuang di hulu

---

<sup>1</sup> Dave Jones, “Policy Paper” (2012): 12.

<sup>2</sup> Sidik Aryono, “Walhi: Kondisi Ekologis Kota Bandar Lampung Semakin Memprihatinkan,” *Lampung Geh*, last modified 2020, accessed January 9, 2020, <https://kumparan.com/lampunggeh/walhi-kondisi-ekologis-kota-bandar-lampung-semakin-memprihatinkan-1sf08KoUyAW/full>.

sungai, hulu yang akhirnya bermuara ke laut Namun, karakteristik pesisir Bandar Lampung juga merupakan perairan yang menjorok ke daratan, sehingga pada saat – saat tertentu sampah akan menumpuk di pesisir. Pengelolaan sampah perlu ditingkatkan untuk mencegah keadaan *overload* pembuangan sampah. Oleh karena itu, fasilitas untuk menyeimbangkan keadaan peningkatan sampah seperti menambah tempat pembuangan sementara (TPS) dan sarana pengelolaan sampah sangat dibutuhkan.<sup>3</sup>

Kondisi pencemaran sepanjang pesisir pantai di Kota Bandar Lampung kian mengkhawatirkan. Pencemaran limbah industri diduga juga turut mencemari kawasan pantai di Kota Bandar Lampung. Pada awal Juni 2019, banyak ikan serta biota laut lainnya mati diduga imbas pembuangan limbah kapal yang bersandar di Pelabuhan Panjang. Sebagian limbah yang terbawa ke laut umumnya berasal dari pembuangan di sungai – sungai. Oktober 2019, sejumlah nelayan Sukaraja, Teluk Lampung mengeluhkan masih ada limbah pabrik yang dibuang ke perairan.<sup>4</sup> Sebelum ada sampah, tangkapan nelayan cukup menjanjikan. Kini nelayan kesulitan mencari ikan karena banyaknya sampah yang mengotori Teluk Lampung, mulai plastik, kayu, paku, hingga botol. Sebagian masyarakat yang bekerja sebagai nelayan di Sukaraja memiliki pendapatan yang sangat kecil sehingga mengharuskan untuk mencari ikan lebih jauh dari daratan. Selain itu, bensil kapal yang dikeluarkan juga semakin bertambah. Adapun ancaman lain yang dihadapi masyarakat di pesisir pantai Kota Bandar Lampung adalah banjir, naiknya permukaan air laut.

Masalah sampah dapat menjadi ancaman untuk masa depan. Pada tahun 1980, pesisir Bandar Lampung belum tercemar. Ekosistem laut masih terjaga. Dalam risetnya, yaitu kualitas perairan di pesisir Bandar Lampung pada tahun 2018 menunjukkan, sebagian perairan di pesisir Bandar Lampung tercemar. Cemarannya itu beragam, termasuk logam berat seperti timbal, mangan, besi, juga plastik. Sampah plastik di laut akan terurai menjadi mikroplastik. Partikel –

---

<sup>3</sup> Pengelolaan sampah perlu ditingkatkan untuk mencegah keadaan *overload* pembuangan sampah, sehingga dibutuhkannya fasilitas untuk menyeimbangkan keadaan peningkatan sampah seperti menambah tempat pembuangan sementara (TPS) dan sarana pengelolaan sampah.

<sup>4</sup> Ibid..

partikel tersebut dapat termakan ikan dan berakhir di perut manusia. Mikroplastik dapat mengganggu sistem saraf dan berpotensi menimbulkan risiko kanker. Hal ini bukan hanya menjadi ancaman, tetapi bahaya nyata bagi kesehatan masyarakat, khususnya mereka yang berada di pesisir Bandar Lampung.<sup>5</sup>

Melalui hal tersebut, masih terdapat kekurangan dalam sistem pengelolaan sampah pada Kota Bandar Lampung melihat dari armada truk sampah yang ada. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup, sebanyak 175 unit armada kebersihan di Kota Bandar Lampung masih beroperasi dengan dengan baik, meskipun terdapat juga unit alat kebersihan yang telah rusak dan harus dihapuskan pada tahun 2020. Seluruhnya tersebar di 20 kecamatan yang ada di Kota Bandar Lampung. Armada kebersihan yang dimiliki oleh Kota Bandar Lampung diantaranya dum truk, truk amrol, mobil pikap, dan kendaraan roda tiga.<sup>6</sup> Disamping itu, jumlah petugas dan tempat pembuangan akhir (TPA) yang tidak memadai menjadi kendala pengelolaan sampah. TPA Bakung sebagai satu – satunya pengelolaan akhir sampah di Lampung, daya tampungnya sudah diambang batas. Selain itu, bertambahnya masyarakat di Bandar Lampung juga tidak sebanding dengan kemampuan petugas dalam pengelolaan sampa sehingga kurang optimal dalam mengatasi penumpukan sampah di Kota Bandar Lampung.<sup>7</sup>

Oleh sebab itu, dibutuhkannya suatu tempat yang dapat mengelola dan mendaur ulang sampah dengan baik, serta bisa menjadi wadah untuk berbagi edukasi dengan masyarakat dan pemerintah Kota Bandar Lampung, seperti Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu, dengan konsep Arsitektur Daur Ulang. Arsitektur Daur Ulang merupakan salah satu bentuk konsep desain arsitektur yang memperhatikan masalah lingkungan, khususnya sampah. Sampah yang ada di perkotaan semakin menumpuk dan sudah seharusnya segera ditangani,

---

<sup>5</sup> Derri Nugraha, "Sampah, Sumber Segala Masalah Lingkungan Di Teluk Lampung," *Mongabay*, last modified 2020, accessed January 9, 2020, <https://www.mongabay.co.id/2020/12/09/sampah-sumber-segala-masalah-lingkungan-di-teluk-lampung/>.

<sup>6</sup> Deta Citrawan, "175 Armada Kebersihan Di Bandar Lampung Masih Beroperasi, 31 Rusak Parah," *Lampost.Co*, last modified 2020, accessed March 18, 2021, <https://m.lampost.co/berita-175-armada-kebersihan-di-bandar-lampung-masih-beroperasi-31-rusak-parah.html>.

<sup>7</sup> Nugraha, "Sampah, Sumber Segala Masalah Lingkungan Di Teluk Lampung."

salah satu caranya dengan melakukan daur ulang sampah. Mendaur ulang sampah akan menghasilkan sesuatu yang bernilai dan bermanfaat. Dalam dunia arsitektur, sampah yang didaur ulang tersebut dapat dibuat menjadi material baru untuk fasad bangunan, interior, atap bangunan, dan detail arsitektural. Penggunaan material daur ulang sampah dalam sebuah desain cukup efektif, dapat mengurangi biaya pembangunan dan ramah lingkungan karena mampu berperan mengurangi barang atau material yang berpotensi menjadi sampah, seperti botol plastik, besi, bambu bekas, kayu bekas, dan pintu/ jendela bekas. Jadi, Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan pendekatan Arsitektur Daur Ulang merupakan suatu wadah dan konsep yang mampu menjawab permasalahan lingkungan, khususnya sampah, yang ada di Kota Bandar Lampung.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang di atas dapat disimpulkan menjadi sebuah permasalahan, antara lain:

1. Pemanfaatan lahan dan sistem pengolahan kurang baik sehingga sistem daur ulang kurang memadai.
2. Dibutuhkannya kawasan pengelolaan sampah yang terpadu sekaligus sebagai wadah penyuluhan masyarakat dalam upaya mengurangi pembuangan sampah dilaut.
3. Kawasan tempat pengelolaan sampah yang ada di Bandar Lampung sangat kurang memadai dari segi luas bangunan pengolahan, fungsi, dan sumber daya alam.

## **1.3 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana mewujudkan penerapan konsep arsitektur daur ulang pada bangunan fasilitas pengelolaan sampah terpadu ?

2. Bagaimana menciptakan desain yang dapat memaksimalkan fungsi-fungsi pada Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dan mampu menjadikan tempat pengelolaan dan penelitian yang menarik sebagai sarana edukasi kepada masyarakat ?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan rumusan konsep perencanaan dan perancangan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan pendekatan arsitektur daur ulang yang mampu menjaga simbiosis lingkungan.
2. Memahami prinsip bangunan dengan pendekatan arsitektur daur ulang.
3. Meningkatkan sarana atau tempat penelitian dan pengelolaan sampah di Kota Bandar Lampung dengan merumuskan aktifitas pengguna sehingga dapat memfasilitasi fungsi dan kebutuhan ruang pada bangunan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

##### **I. Bagi masyarakat**

1. Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dapat memberi manfaat dalam sarana pengelolaan sampah serta sarana edukasi kepada masyarakat.
2. Dapat menarik perhatian dan meningkatkan minat untuk menjaga lingkungan sekitar kepada masyarakat.

3. Pendekatan Arsitektur Daur Ulang pada bangunan fasilitas pengelolaan sampah terpadu dapat memberi dampak positif dalam hal kesehatan pengguna bangunan dan kenyamanan.

## II. Bagi pemerintah

1. Dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam hal edukasi kepada masyarakat baik lokal maupun wisatawan sehingga menjadi daya tarik daerah Lampung sendiri.
2. Sebagai salah satu contoh bangunan dengan penerapan tema keberlanjutan dan konteks arsitektur daur ulang di Lampung.

## III. Bagi akademisi

1. Memberi wawasan tentang lingkungan dan referensi tentang bangunan fasilitas pengelolaan sampah terpadu.
2. Memberi pengetahuan tentang penerapan tema keberlanjutan yang berkonteks arsitektur daur ulang.

### **1.6 Batasan dan Ruang Lingkup**

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lingkup disiplin ilmu Arsitektur untuk membahas perwujudan konsep perancangan.

2. Program, proses, macam dan sifat dari kegiatan di dalamnya disesuaikan dengan pedoman dan standar yang berlaku.
3. Hal-hal diluar disiplin ilmu arsitektur sejauh masih berpengaruh pada perwujudan konsep perancangan akan dibahas dengan disiplin ilmu penunjang.

### **1.7 Metode Pengumpulan Data**

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data di lakukan dalam beberapa cara yang diantaranya sebagai berikut:

1. Studi literatur

Dalam menyusun landasan teori, penulis melakukan studi literatur yang didapat dari referensi buku – buku, majalah desain, media internet. Yang ada pada umumnya di gunakan untuk lebih membantu dan menambah wawasan dalam perancangan.

2. Studi Kasus

Studi banding digunakan untuk membandingkan bangunan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu yang satu dan lainnya agar dapat melihat fasilitas, dan juga sistem yang ada di bangunan tersebut

### **1.8 Sistematika Pembahasan**

Agar kajian penelitian ini dapat tersaji dengan baik dan terarah, maka diperlukan sistematika pembahasan dalam bentuk sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi pengumpulan data, sistematika pembahasan, dan kerangka pikir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Menguraikan pembahasan mengenai fasilitas pengelolaan sampah terpadu, tinjauan tentang pendekatan arsitektur daur ulang dan secara keseluruhan studi preseden.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Menguraikan tentang tata cara analisa dari bangunan fasilitas pengelolaan sampah terpadu melalui teknik pengambilan data serta metode yang digunakan dalam penelitian.

## **BAB IV ANALISIS**

Menguraikan rangkuman analisa perancangan secara keseluruhan untuk menghasilkan kebutuhan ruang serta konsep perancangan desain bangunan.

## **BAB V KONSEP PERANCANGAN**

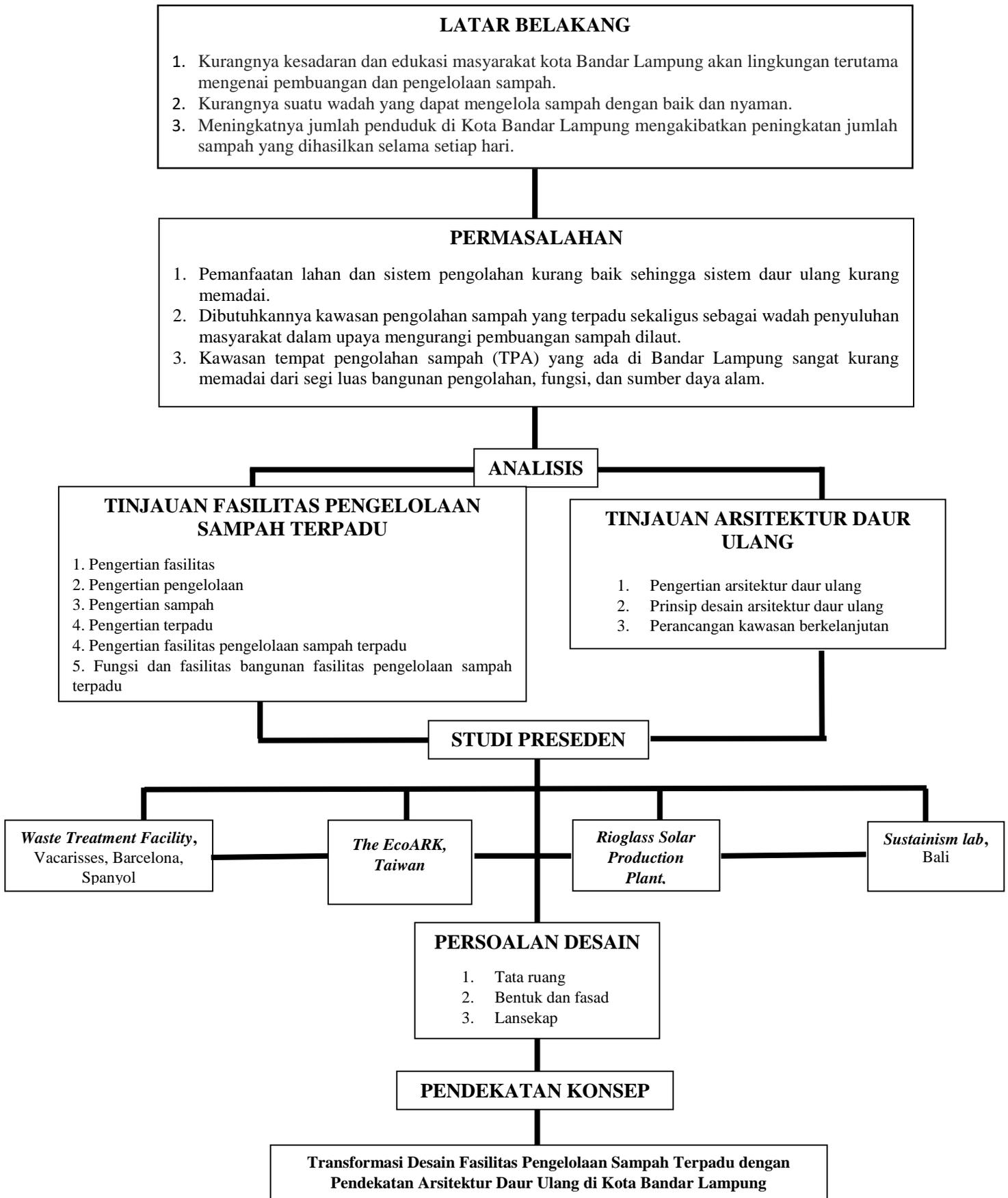
Menguraikan tentang ide/gagasan/konsep perancangan tapak, arsitektur, struktur, konsep utilitas.

## **BAB VI PENUTUP**

Menguraikan tentang kesimpulan dan saran

## **DAFTAR PUSTAKA**

## 1.9 Kerangka Berpikir



**Diagram 1.1** Kerangka Pikir  
 Sumber: Analisa pribadi, 2021

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu**

##### **2.1.1 Pengertian Fasilitas**

Kotler mengemukakan bahwa “segala sesuatu yang bersifat peralatan fisik dan disediakan oleh pihak penjual jasa untuk mendukung kenyamanan konsumen. Jadi fasilitas adalah sumber daya fisik yang ada dalam sebelum suatu jasa dapat ditawarkan kepada konsumen”<sup>1</sup>. Menurut Youti, fasilitas merupakan segala sesuatu baik benda maupun jasa yang menyertai pelayanan yang diberikan oleh perusahaan baik perusahaan jasa, dagang maupun perusahaan industri<sup>2</sup>. Sedangkan, menurut Tjiptono fasilitas merupakan bagian dari *physical evidence*, yang meliputi fasilitas fisik organisasi (*servicescape*) dan bentuk – bentuk komunikasi fisik lainnya<sup>3</sup>. Berdasarkan definisi para ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa fasilitas adalah sumber daya fisik yang ada dalam sebelum suatu jasa dapat ditawarkan kepada konsumen.

##### **2.1.2 Pengertian Pengelolaan**

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) arti kata pengelolaan merupakan proses, cara, perbuatan mengelola; proses melakukan kegiatan tertentu dengan menggerakkan tenaga orang lain; proses yang membantu merumuskan kebijaksanaan dan tujuan organisasi; proses yang memberikan pengawasan pada semua hal yang terlibat dalam pelaksanaan kebijaksanaan dan pencapaian tujuan.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Kotler P dan G. Amstrong, *Dasar-Dasar Manajemen Pemasaran 1* (PT. Prenhallindo, 1997).

<sup>2</sup> Widyatama & Suprpty, “Bab II Landasan Teori,” *Journal of Chemical Information and Modeling* 53, no. 9 (2018): 1689–1699.

<sup>3</sup> Tjiptono Fandy, *Perspektif Manajemen Dan Pemasaran Kontemporer* (Yogyakarta: Andi Offset, 2000).

<sup>4</sup> “No Title,” *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*, <https://kbbi.web.id/kelola>.

### **2.1.3 Pengertian Sampah**

Pengertian sampah menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yaitu sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi-padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan.<sup>5</sup>

Menurut World Health Organization (WHO), sampah adalah barang yang berasal dari kegiatan manusia yang tidak lagi digunakan, baik tidak dipakai, tidak disenangi, ataupun yang dibuang.<sup>6</sup>

### **2.1.4 Pengertian Terpadu**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), arti kata terpadu adalah sudah dipadu (disatukan, dilebur menjadi satu, dan sebagainya). Terpadu berasal dari kata dasar padu<sup>7</sup>.

### **2.1.5 Pengertian Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu**

Fasilitas pengelolaan sampah terpadu adalah ruang atau bangunan dengan peralatan ilmiah yang digunakan untuk mengelola sampah yang ada di perkotaan (seperti sampah rumah tangga, sampah dari pesisir pantai dan sebagainya) dan yang dihasilkan oleh masyarakat yang tinggal di rumah, bekerja di perkantoran, pabrik, dan bangunan publik lainnya.

---

<sup>5</sup> Dalam Undang-undang No and Pengelolaan Sampah, “2.1. Pengertian” 2, no. 18 (2008): 1–14.

<sup>6</sup> adminaksansi, “Sampahmu, Tanggung Jawabmu!,” *AKSANSI*, last modified 2019, [https://aksansi.org/sampahmu-tanggung-jawabmu/#:~:text=Menurut WHO \(World Health Organization,kertas%2C dan lain-lain.](https://aksansi.org/sampahmu-tanggung-jawabmu/#:~:text=Menurut%20WHO%20(World%20Health%20Organization,kertas%2C%20dan%20lain-lain.)

<sup>7</sup> “Kamus Besar Bahasa Indonesia,” accessed January 20, 2022, <https://kbbi.web.id/padu>.

### **2.1.6 Fungsi dan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu**

Untuk menjalankan fungsinya sebagai tempat meneliti dan mengatasi masalah lingkungan, khususnya sampah yang ada di Kota Bandar Lampung, maka di dalam sebuah fasilitas pengelolaan sampah terpadu pada umumnya terdapat fungsi-fungsi sebagai berikut:

1. Fungsi " Administratif "
2. Fungsi "Edukatif atau Pendidikan"
3. Fungsi Informatif"

Berdasarkan" fungsi-fungsi pada sebuah fasilitas pengelolaan sampah terpadu, maka fasilitas pengelolaan sampah terpadu mempunyai fasilitas sebagai berikut:

a. Kantor.

"Fasilitas ini sangat penting karena sebagai penunjang fungsi administratif. Fasilitas perkantoran mencatat semua data program kegiatan yang berlangsung selama laboratorium pengelolaan sampah beroperasi, termasuk " didalamnya data properti yang tersedia, jumlah pengunjung dan sebagainya."

b. Laboratorium Sampah

"Laboratorium merupakan fasilitas penting karena sebagai penunjang fungsi edukatif. Fasilitas laboratorium akan digunakan untuk meneliti sampah yang akan dikelola atau di daur ulang. "

c. Galeri Sampah.

Galeri sampah pada laboratorium pengelolaan sampah dibuat sebagai penunjang fungsi informatif. Galeri sampah memiliki fungsi untuk memamerkan atau menunjukkan hasil karya dari daur ulang sampah, berupa material yang sudah jadi, *furniture*, kerajinan tangan, dan sebagainya. Selain itu, memberikan informasi berupa pengenalan akan sampah, baik yang ada di Kota Bandar Lampung maupun di Indonesia.

d. Ruang *Workshop*

Sebuah ruang yang digunakan untuk melakukan sebuah seminar atau penyuluhan mengenai sampah atau masalah lingkungan yang ada di Kota Bandar Lampung. Selain itu, sebagai ruang untuk masyarakat bisa belajar mengenai pemilahan dan daur ulang sampah.

## **2.2 Tinjauan Sampah**

### **2.2.1 Klasifikasi Sampah**

1. Klasifikasi sampah berdasarkan sifatnya

a. Sampah organik

merupakan bahan buangan yang berasal dari hasil produk berbahan dasar hayati yang dengan mudah akan terdegradasi oleh mikroorganisme atau mikroba. Proses degradasi oleh mikroorganisme berlangsung secara alami. Contoh sampah jenis ini adalah bahan buangan yang berasal dari dapur, sisa-sisa makanan, tepung, sayuran, kulit buah, daun, dan ranting. Tempat yang

menyumbang banyak sampah organik misalnya adalah pasar tradisional yang menghasilkan bahan buangan berupa sayuran, buah-buahan, dan lain-lain.

b. Sampah anorganik

merupakan bahan buangan yang berasal dari hasil produk berbahan dasar non-hayati baik berupa produk sintetik maupun hasil pengolahan bahan tambang. Sebagian besar bahan buangan jenis ini tidak dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme di alam dan membutuhkan waktu lama untuk dapat teruraikan sepenuhnya. Beberapa sampah anorganik dapat berupa produk yang sudah tidak terpakai yang berbahan dari plastik, kertas, kaca, keramik, logam dan olahannya. Contoh bahan buangan ini adalah botol plastik, kaleng, karton, dan lain-lain.<sup>8</sup>

2. Klasifikasi sampah berdasarkan wujudnya

a. Padat

Contoh: kemasan produk makanan, ban bekas, dan botol.

b. Cair

Contoh: air cucian, air sabun, dan sisa pemakaian minyak goreng.

c. Gas

Contoh: karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan karbon monoksida (CO).

---

<sup>8</sup> Billy Adytya, "11 Jenis Jenis Sampah Berdasarkan Sifat, Bentuk Dan Sumbernya," *Merdeka.Com*, last modified 2020, <https://www.merdeka.com/trending/11-jenis-jenis-sampah-berdasarkan-sifat-bentuk-dan-sumbernya-kl.html>.

Sampah yang dikelola berdasarkan Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 18

Tahun 2008 terdiri atas :

a. Sampah Rumah Tangga

Sampah rumah tangga sebagaimana berasal dari kegiatan sehari – hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah plastic.

b. Sampah sejenis Sampah Rumah Tangga

Sampah sejenis sampah rumah tangga sebagaimana berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan/ atau fasilitas lainnya.

c. Sampah Spesifik

Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/ atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Sampah spesifik meliputi:

- Sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun
- Sampah yang mengandung limbah bahan berbahaya dan beracun
- Sampah yang timbul akibat berencana
- Puing bokaran bangunan
- Sampah yang secara teknologi belum dapat diolah dan/ atau sampah yang timbul secara periodik<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH” (n.d.), <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008>.

### 2.2.2 Sumber Sampah

Sampah dapat digolongkan berdasar sumber sampah, yaitu:

a. Rumah tangga

Umumnya terdiri dari sampah organik dan anorganik, yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Misalnya dari buangan dapur, taman, debu, dan alat – alat rumah tangga.

b. Daerah Komersial

Sampah yang dihasilkan dari pertokoan, restoran, pasar, perkantoran, hotel, dan lain – lain, biasanya terdiri dari bahan pembungkus sisa – sisa makanan, kertas, dan lain sebagainya.

c. Sampah Institusi

Berasal dari sekolah, rumah sakit, dan pusat pemerintahan.

d. Sampah Industri

Berasal dari proses produksi industri, dari pengolahan bahan baku hingga hasil produksi.

e. Sampah dari Fasilitas Umum

Berasal dari taman umum, pantai, atau tempat rekreasi.

f. Sampah dari Sisa – Sisa Konstruksi Bangunan

Sampah yang berasal dari sisa-sisa pembuatan gedung, perbaikan, pembongkaran jalan, jembatan, dan lain-lain.

g. Sampah dari hasil pengelolaan air buangan dan sisa – sisa pembuangan dari *incinerator*.

- h. Sampah pertanian berasal dari sisa – sisa pertanian yang tidak dapat dimanfaatkan lagi<sup>10</sup>.

### 2.2.3 Pengelolaan Sampah

Menurut Undang – Undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah dibagi menjadi dua kelompok utama pengelolaan sampah, yaitu :

- a. Pengurangan sampah (*waste minimization*), yang terdiri dari pembatasan terjadinya sampah, guna ulang, dan daur ulang.
- b. Penanganan sampah (*waste handling*), yang terdiri dari :
  - Pemilahan  
Pengelompokan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis, jumlah, dan/ atau sifat sampah.
  - Pengumpulan  
Pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah terpadu.
  - Pengangkutan  
Membawa sampah dari sumber dan/atau dari tempat penampungan sampah sementara atau dari tempat pengolahan sampah terpadu menuju ke tempat pemrosesan akhir.
  - Pengolahan  
Mengubah karakteristik, komposisi, dan jumlah sampah.
  - Pemrosesan akhir sampah

---

<sup>10</sup> Damanhuri E, *Diktat Pengelolaan Sampah* (Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB), 2010).

Pengembalian sampah dan/ atau residu hasil pengolahan sebelumnya ke media lingkungan secara aman<sup>11</sup>.

#### **2.2.4 Kondisi Sampah di Kota Bandar Lampung**

Sampah menjadi salah satu masalah lingkungan yang sampai saat ini belum dapat ditangani secara baik. Kemampuan dalam menangani permasalahan sampah tidak seimbang dengan produksi manusia, sehingga mengakibatkan penumpukan sampah. Permasalahan sampah sudah menjadi topik dan isu yang memerlukan perhatian khusus dari seluruh kalangan dan akan menjadi suatu potensi bencana “darurat sampah” apabila tidak ada pengelolaan sampah yang tepat. Kardono mengatakan bahwa permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan akhir yang terbatas jumlahnya, institusi pengelola sampah dan masalah biaya<sup>12</sup>.

Peningkatan pada jumlah penduduk Kota Bandar Lampung mengakibatkan tingkat konsumsi masyarakat meningkat dan berdampak pada peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan. Sampah yang masuk ke TPA Bakung milik Kota Bandar Lampung mencapai 800 ton per hari, dengan komposisi sampah 60% merupakan sampah anorganik didominasi sampah plastik dan 40% sampah organik. Luas TPA Bakung yang terbatas yaitu 14,2 hektare yang seharusnya diperuntukan menampung 230 ton sampah per hari, berakhir dengan tumpukan sampah yang kian hari semakin

---

<sup>11</sup> “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH.”

<sup>12</sup> Kardono, “Integrated Solid Waste Management in Indonesia,” *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science*, no. ISETS07: 629-633 (2007).

menggunung. Pola pengelolaan sampah di Kota Bandar Lampung masih menggunakan metode pengumpulan secara langsung (*door to door*) dan langsung ditampung di TPA Bakung, dimana menggunakan metode open dumping tanpa ada pengelolaan lanjutan. Permasalahan sampah yang tidak kunjung menemui solusi terletak pada sistem pengelolaan sampah yang tidak ditangani secara tepat<sup>13</sup>.

### **2.2.5 Sarana dan Prasarana Sampah di Kota Bandar Lampung**

#### **1. Pelayanan Pengelolaan Sampah**

Produksi sampah di Kota Bandar Lampung mencapai 639,049 ton/hari dengan persentase sampah terangkut ke TPA perharinya adalah 93,5%. Daerah pelayanan sampah ke seluruh jalan protokol, pasar, dan semua TPS di UPT Kota Bandar Lampung. Pelayanan pengelolaan sampah akan berdampak pada pendapatan dari retribusi. Pelayanan yang buruk maka akan membuat masyarakat cenderung untuk tidak membayar retribusi. Sehingga pelayanan yang diberikan harus sesuai dengan retribusi yang dikeluarkan.

#### **2. Pемindahan Sampah**

Pengumpulan sampah dilakukan oleh petugas sampah sebanyak 2 kali sehari. Untuk SOKLI menggunakan motor roda tiga memindahkan sampah rumah tangga ke TPS terdekat. Dan petugas sampah memindahkan sampah yang berada di jalan protokol dipindahkan langsung ke TPA Bakung. Sarana pemindahan atau TPS di Kota Bandar Lampung berjumlah 77 TPS berupa bak sampah dan kontainer.

---

<sup>13</sup> Fadiah Izzah Ajrina, Husna Tiara Putri, and Sri Maryati, "BERDASARKAN SUDUT PANDANG PEMERINTAH" (2007).

Peralatan yang digunakan dalam pengelolaan sampah di Kota Bandar Lampung sangat berpengaruh pada kualitas pengelolaan sampah.

### 3. Pengangkutan Sampah

Frekuensi pengangkutan sampah menuju TPA dilakukan 2 sampai 3 kali sehari. Pengangkutan menggunakan kendaraan *Dump Truck*, *Arm Roll Truck*, Mobil Hilux, Mobil *Pick Up*, dan Motor Roda Tiga dengan petugas supir dan kenek berjumlah 111 orang. Sistem pengangkutan yang diterapkan adalah dengan menggunakan *Arm Roll Truck* dengan *kontainer* yang dapat berpindah-pindah dan menggunakan *Dump Truck* yang melayani pengangkutan sampah dari transfer depo yang ada di pasar-pasar dan bak sampah yang ada di wilayah Kota Bandar Lampung, serta sistem *door to door* dari daerah pertokoan. Namun sampah hanya diangkut dan ditimbun di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Bakung tanpa adanya pengelolaan lebih lanjut.

### 4. Pengolahan Sampah

Saat ini Kota Bandar Lampung memiliki 3 Bank Sampah, yaitu Bank Sampah Kemiling, Bank Sampah Way Halim, dan Bank Sampah Sukarame yang merupakan milik Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandar Lampung. Namun, yang berjalan hanya satu yakni Bank Sampah Kemiling tetapi berbeda fungsi/aktivitasnya. Sekarang Bank Sampah Kemiling menjadi TPS 3R. Aktivitas di TPS 3R Kemiling ini yaitu memilah sampah yang diangkut oleh SOKLI atau masyarakat sendiri untuk dijual lagi ke Pengepul dan dibuat menjadi kompos.

## 5. Pemrosesan Akhir Sampah

Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, dikatakan bahwa pemerintah daerah harus menutup tempat pemrosesan akhir sampah yang masih menggunakan sistem *open dumping*. Namun sampai saat ini TPA Bakung masih menggunakan sistem *open dumping*. Sudah seharusnya sistem TPA Bakung beralih ke sistem yang lebih berwawasan lingkungan minimal menggunakan sistem *sanitary landfill*<sup>14</sup>.

## 2.3 Tinjauan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu

### 2.3.1 Fasilitas dan Lingkungan Laboratorium

- a. Laboratorium harus memiliki fasilitas yang memadai untuk melaksanakan kegiatan pengambilan contoh uji dan pengujian di dalam ruang lingkungannya (bangunan, jumlah ruangan pengujian dan penyimpanan dalam fasilitas permanen laboratorium, dan bila relevan fasilitas bergerak atau sarana transportasi bila laboratorium melakukan kegiatan di fasilitas bergerak atau lokasi pelanggan);
- b. Laboratorium harus mengendalikan kondisi lingkungan untuk menjamin keabsahan hasil dari kegiatan laboratorium dan peralatan pemantau atau pengukur kondisi lingkungan yang digunakan. Bila laboratorium memiliki fasilitas bergerak maka dilengkapi dengan peralatan pemantau dan pengukur

---

<sup>14</sup> “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH.”

kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan juga harus dipantau di lokasi pelanggan dan/ atau di lokasi pengambilan contoh uji;

- c. Laboratorium harus memiliki prosedur pengendalian fasilitas dan kondisi lingkungan yang dilakukan oleh laboratorium untuk menjamin kebasahan hasil kegiatannya;
- d. Laboratorium harus memiliki ruangan yang memenuhi persyaratan sesuai peruntukannya, antara lain:
  - i. Ruang penyimpanan contoh uji termasuk contoh uji arsip disesuaikan dengan kebutuhan dengan suhu diatas  $0^{\circ}\text{C}$ , dibawah atau sama dengan  $6^{\circ}\text{C}$ .
  - ii. Ruang timbang yang bebas debu dilengkapi meja bebas getar dengan suhu ruangan  $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban 45% (empat puluh lima persen) sampai dengan 65% (enam puluh lima persen), serta disarankan untuk menggunakan pintu ganda);
  - iii. Ruang preparasi contoh uji dilengkapi meja dengan ukuran minimal lebar 90 (Sembilan puluh) cm, tinggi 80 (delapan puluh) cm, dan panjang disesuaikan kebutuhan;
  - iv. Ruang instrumen dengan suhu ruangan  $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban 45% (empat puluh lima persen) sampai dengan 65% (enam puluh lima persen), misalnya untuk:
    - 1. Spektrofometer *UV-Vis* disarankan berukuran minimal 6 (enam)  $\text{m}^2$ ;

2. AAS/ICP/Hg-analyzer disarankan berukuran minimal 7,5 (tujuh dan lima) m<sup>2</sup> yang dilengkapi dengan *exhaust fan* dan penyimpanan gas harus berada di luar ruangan;
  3. GC/GC-MS/HPLC/IC disarankan berukuran minimal 6 (enam) m<sup>2</sup> yang dilengkapi *exhaust fan* dan penyimpanan gas harus berada di luar ruangan;
  4. Ruang mikrobiologi yang dilengkapi dengan ruang steril dan bebas debu (*Laminar Air Flow Cabinet*) untuk pengujian mikroorganisme;
  5. Ruang penyimpanan bahan kimia atau standar acuan atau bahan acuan dengan suhu ruangan dan kelembaban disesuaikan dengan persyaratan;
  6. Lemari asam harus digunakan untuk preparasi menggunakan bahan kimia pekat atau pelarut organik yang mudah menguap dan harus dilengkapi *scrubber*.
- e. Jarak minimum antar meja kerja harus dipertimbangkan untuk kenyamanan dalam melakukan kegiatan laboratorium. Posisi meja kerja sedapat mungkin tidak mengganggu kegiatan personellain.

Adapun jarak antar meja kerja, disarankan sebagai berikut:

- a) Pekerja di salah satu sisi meja, tidak ada pekerja lain yang lewat dibelakangnya maka jarak minimum 1020 (seribu dua puluh) mm;

- b) Pekerja di salah satu sisi meja, namun ada pekerja lain yang lewat dibelakangnya maka jarak minimum 1200 (seribu dua ratus) mm;
- c) Pekerja di salah satu sisi meja pada dua meja yang sejajar, tidak ada pekerja lain yang lewat dibelakangnya maka jarak minimum 1350 (seribu tiga ratus lima puluh) mm;
- d) Pekerja di salah satu sisi meja pada dua meja yang sejajar, namun ada pekerja lain yang lewat dibelakangnya maka jarak minimum 1800 (seribu delapan ratus) mm<sup>15</sup>.

### **2.3.2 Peralatan Laboratorium**

1. Laboratorium harus menjamin ketersediaan peralatan dan daftar keseluruhan peralatan (alat ukur, piranti lunak, standar pengukuran, bahan acuan, data acuan, reagen, bahan habis pakai dan perangkat pendukung). Laboratorium yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan pengambilan contoh uji dan Pengujian di dalam ruang lingkupnya;
2. Laboratorium harus membuat prosedur pengendalian peralatan yang tidak berada dalam pengendalian langsung Laboratorium dan prosedur penanganan, transportasi, penggunaan dan perencanaan pemeliharaan peralatan;
3. Laboratorium harus memastikan keabsahan hasil kegiatan Laboratorium dengan membuat dokumentasi spesifikasi (akurasi atau ketidakpastian) peralatan yang berpengaruh terhadap hasil kegiatan Laboratorium dan membuat prosedur pelaksanaan verifikasi kesesuaian peralatan dengan spesifikasi yang telah

---

<sup>15</sup> Menteri Lingkungan, Hidup Dan, and Kehutanan Republik, "No Title" (2020).

ditetapkan beserta rekaman verifikasi peralatan untuk membuktikan bahwa seluruh peralatan Laboratorium memenuhi spesifikasi (akurasi atau ketidakpastian) yang dipersyaratkan;

4. Laboratorium harus membuat prosedur kalibrasi dan interval atau program kalibrasi termasuk verifikasi rutin dan pengecekan antara dari setiap jenis peralatan yang akurasi atau ketidakpastiannya berpengaruh terhadap keabsahan hasil kegiatan Laboratorium yang diperlukan untuk menjamin ketertelusuran metrologi;
5. Informasi tentang status kalibrasi peralatan di laboratorium harus dilakukan;
6. Laboratorium harus menggunakan evaluasi faktor koreksi yang diperoleh dari hasil kalibrasi peralatan dan membuat prosedur untuk mencegah penyetulan peralatan oleh personel yang tidak berwenang;
7. Laboratorium harus melakukan pengelolaan rekaman peralatan dan informasi yang disimpan dalam rekaman peralatan Laboratorium;
8. Peralatan dan piranti lunak yang digunakan untuk pengambilan contoh uji dan/atau Pengujian Parameter Kualitas Lingkungan harus mampu menghasilkan akurasi yang diperlukan berdasarkan peraturan perundang-undangan terkait lingkungan hidup<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Ibid, hal 34. Laboratorium harus menjamin ketersediaan peralatan dan daftar keseluruhan peralatan (alat ukur, piranti lunak, standar pengukuran, bahan acuan, data acuan, reagen, bahan habis pakai dan perangkat pendukung).

## 2.4 Arsitektur Daur Ulang

### 2.4.1 Ekologi Bahan

#### 2. 4. 1. 1 *Sustainable Development*.

Istilah *sustainable development* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1980 yang mendeskripsikan suatu usaha pembangunan untuk memenuhi kebutuhan sosial dan di saat bersamaan juga berusaha meminimalkan dampak negative yang ditimbulkan pembangunan pada lingkungan<sup>17</sup>. Namun definisi yang paling banyak dipakai adalah yang dirumuskan oleh Gro Harlem Brundlant pada tahun 1986 dalam bukunya “*Our Common Future*” . Ia menyatakan bahwa, “*Sustainable development is development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”<sup>18</sup> . *Sustainable development* yang dalam bahasa Indonesia berarti pembangunan yang berkelanjutan dapat dikatakan sebagai suatu konsep pembangunan yang menekankan pada keberlanjutan hidup manusia. Dari kedua konsep yang telah disebutkan sebelumnya dapat diidentifikasi adanya tiga unsur utama yang menjadi sangat penting dalam pembangunan yang berkelanjutan, yakni pemenuhan kebutuhan manusia, kelestarian lingkungan hidup dan masa yang akan datang.

Populasi dunia bertambah dari 1,5 milyar pada tahun 1900, menjadi 6 milyar pada tahun 2000<sup>19</sup> . Bertambahnya populasi manusia berarti juga

---

<sup>17</sup> Peter Graham, *Building Ecology* (Oxford: Blackwell Science, 2003).

<sup>18</sup> Ibid, hal 177.

<sup>19</sup> Dominique Gauzin-Muller, *Sustainable Architecture and Urbanism* (Lombarda: Birkhauser, 2002).

bertambahnya jumlah kebutuhan manusia yang harus dipenuhi. Manusia memenuhi kebutuhannya terutama kebutuhan fisiknya, dengan mengolah dan mengkonsumsi sumber daya yang ada di alam. Namun pola konsumsi yang tidak seimbang telah diterapkan oleh manusia selama beberapa dekade. Dalam perjalanan waktu yang sama bumi, lingkungan dan sumber dayanya tidak mengalami penambahan baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Sementara itu tidak ada batas waktu untuk keberlangsungan kehidupan manusia yang harus dipertahankan di muka bumi ini. Tidak seimbangnya antara konsumsi sumber daya dengan kemampuan lingkungan untuk memenuhinya, menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan ancaman krisis sumber daya alam bagi generasi manusia di masa yang akan datang.

Lingkungan bangun merupakan salah satu kebutuhan primer manusia. Pertumbuhan jumlah penduduk yang begitu besar juga akan mempengaruhi jumlah permintaan terhadap lingkungan bangun. Tiap- tiap lingkungan bangun akan mengkonsumsi jumlah sumber daya alam yang sangat banyak dalam konstruksinya. Sekitar tiga milyar ton bahan mentah dari alam yang dikonsumsi oleh lingkungan bangun tiap tahunnya. Jumlah tersebut merupakan 40 persen dari total konsumsi sumber daya alam oleh manusia tiap tahunnya<sup>20</sup>. Jumlah yang sangat besar tersebut mengindikasikan betapa pentingnya pertimbangan akan faktor lingkungan dalam pengembangan suatu lingkungan bangun.

Lingkungan bangun bersentuhan langsung dengan lingkungan alam. Keberadaan lingkungan bangun itu sendiri secara langsung akan memberi dampak

---

<sup>20</sup> "Green Building," accessed January 16, 2022, [www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/](http://www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/).

pada lingkungan alam yang ada di sekitarnya. Dampak ini seringkali diabaikan karena memang tidak langsung jelas terlihat. Namun pada kenyataannya ada banyak sekali dampak yang ada. ” *There are more impacts than we could possibly know. Building projects may impact on natural environments that are far removed from the site and may be accumulative and long-term*<sup>21</sup>”. Terdapat lebih banyak dampak dari yang mungkin kita bayangkan. Suatu proyek lingkungan bangun dapat memberi dampak pada lingkungan hidup yang berada jauh dari tapak dan dampak tersebut bersifat akumulatif dan dalam jangka panjang.

Sebagaimana telah disebutkan pada penjelasan sebelumnya, salah satu isu penting lainnya dalam pembangunan yang berkelanjutan adalah penambahan volume sampah / limbah lingkungan. Pertambahan sampah sangat erat hubungannya dengan pola konsumsi. Pola konsumsi yang baik adalah konsumsi yang memanfaatkan sumber daya alam secara efisien. ” *Resources efficiency is the process of doing more with less – using fewer resources (or less scarce resources) to accomplish the same goals*<sup>22</sup>”. Dengan pola konsumsi yang efisien maka akan terdapat lebih sedikit sampah / limbah yang dihasilkan pada skala kerja dan konsumsi sumber daya yang sama.

Konsumtifisme merupakan pola konsumsi yang tidak baik. Konsumtifisme telah menjadi budaya hidup manusia modern selama beberapa dekade, dan hal ini terjadi di berbagai aspek kehidupan masyarakat termasuk lingkungan bangun. Dalam konsumtifisme, konsumsi yang dilakukan bukan lagi atas dasar kebutuhan fisik semata melainkan untuk memenuhi kebutuhan gaya

---

<sup>21</sup> Peter Graham, *Building Ecology* (Oxford: Blackwell Science, 2003).

<sup>22</sup> Ibid, hal 208.

hidup yang seringkali mengacu pada *trend* yang dapat berubah-ubah dengan cepat. Perubahan trend berarti konsumsi. Oleh karena itu jumlah konsumsi yang dilakukan untuk kebutuhan fisik yang sama dalam kurun waktu yang sama akan berkali-kali lebih banyak. Dengan demikian konsumsi dalam jumlah yang sangat besar dapat terjadi dalam kurun waktu yang singkat dan tentunya akan diiringi oleh jumlah limbah yang besar pula. Hal ini terjadi dengan sangat signifikan pada negara-negara industri dan membawa beberapa dampak, yaitu<sup>23</sup> :

1. penyusutan jumlah sumber daya alam;
2. sampah yang masih mengandung banyak energi (masih berpotensi);
3. Bertambahnya beban lahan untuk menampung sampah / limbah;
4. polusi tanah akibat sampah / limbah.

Berdasarkan Rio Earth Summit, suatu konferensi para pemimpin dunia yang membicarakan tentang keberlanjutan lingkungan, pada tahun 1992 dijelaskan bahwa konsep pembangunan yang berkelanjutan didasarkan pada tiga prinsip: 1. pertimbangan akan "daur hidup secara menyeluruh" dari suatu material; 2. pengembangan sistem dalam penggunaan bahan mentah dari alam dan sumber energi yang terbarukan; 3. mengurangi pemakaian bahan dan energi dalam pengolahan bahan mentah, penggunaan produk, dan proses daur ulang limbah<sup>24</sup>. Dari prinsip-prinsip tersebut terlihat bahwa perhatian terhadap

---

<sup>23</sup> Ingkondo Damaiyanto, "Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan" (2007), hal 16.

<sup>24</sup> Gauzin-Muller, *Sustainable Architecture and Urbanism*, hal 13.

kebijakan penggunaan material sangat erat hubungannya dengan keberlanjutan lingkungan hidup.

Menjadi bijak dalam menggunakan material - dalam kaitannya dengan keberlanjutan lingkungan hidup - berarti memahami adanya hubungan keterkaitan antara manusia dengan alam. Dalam setiap tindakan konsumsi yang dilakukan akan berdampak bagi perubahan pada kualitas lingkungan. Untuk memahami hubungan ini secara baik dibutuhkan pengetahuan yang lebih dari sekedar kegiatan mengambil material, menggunakan, dan membuangnya, namun harus memahami segala proses dan daur yang terjadi pada sumber daya alam yang dikonsumsi sehingga prediksi terhadap dampak yang dihasilkan dapat diketahui secara lebih terperinci. Karena dampak yang ditimbulkan adalah cerminan dari hubungan yang dimiliki manusia dengan lingkungannya. Hubungan yang baik tidak akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan melainkan keberlanjutan lingkungan yang mampu mendukung kualitas kehidupan yang baik bagi manusia hingga ke masa yang akan datang.

#### **2. 4. 1. 2. Daur Hidup Bahan**

Lingkung bangun memiliki hubungan keterkaitan dengan lingkungan hidup.”*From the day it is opened untill well after those responsible for its creation are dead a building’s design, materials, energy requirements, and its waste stream provides a built environment that people will construct their lives within and around*”<sup>25</sup>. Lingkung bangun dengan berbagai aktivitasnya mulai

---

<sup>25</sup> Graham, *Building Ecology*, hal 25.

dari konstruksi, operasional hingga pada penghancurannya senantiasa memberi dampak bagi lingkungan hidup di sekitarnya dan hal ini dapat berlangsung dalam rentang waktu yang lama karena lingkungan bangun dapat bertahan dalam jangka waktu yang sangat lama. Lingkungan yang menerima dampak akan memberikan reaksi yang tentunya akan dirasakan oleh manusia yang hidup pada lingkungan bangun tersebut. Hubungan keterkaitan ini dapat dilihat dari penggunaan material pada bangunan.

*”The flow of resources from nature to building and from the building to nature cause environmental impacts”<sup>26</sup>*

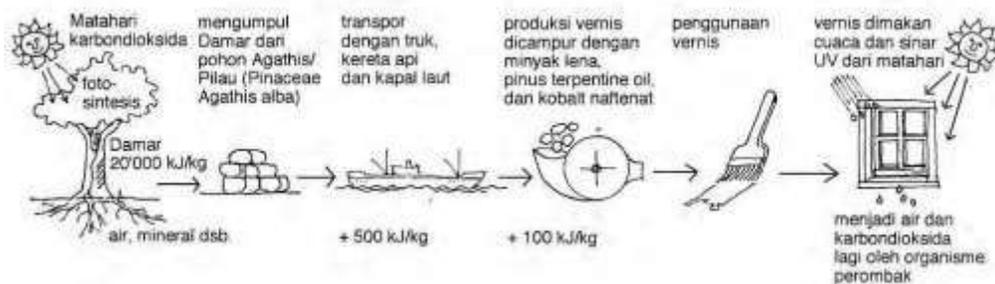
Lingkungan bangun akan senantiasa membutuhkan input material berupa sumber daya alam. Namun lingkungan bangun yang dibangun saat ini dengan material dari alam akan menjadi sampah / limbah di akhir masanya dan dampak yang dihasilkan oleh lingkungan bangun dalam hubungannya dengan lingkungan tidak berhenti sampai disitu namun dapat terus berlanjut. Oleh karena itu sangat penting untuk mengetahui bagaimana hubungan keterkaitan yang terjadi antara lingkungan bangun dengan lingkungan alam. Hubungan ini dapat diidentifikasi dengan mengetahui daur hidup bangunan.

Dalam tiap proses daur hidup lingkungan bangun dibutuhkan adanya pemenuhan kebutuhan material dari sumber daya alam, dan dalam tiap proses itu juga lingkungan bangun akan menghasilkan buangan bagi lingkungannya. Lingkungan hidup akan selalu menjadi penyedia sumber daya material dan juga penerima buangan dalam daur hidup lingkungan bangun.

---

<sup>26</sup> Ibid, hal 26. Lingkungan bangun akan senantiasa membutuhkan input material berupa sumber daya alam.

Berdasarkan uraian di atas terlihat bahwa hubungan antara lingkung bangun dan lingkungan hidup dapat tergambar melalui aplikasi material. Lingkung bangun secara fisik disusun oleh material yang diperoleh dari alam. Material telah melalui berbagai proses seperti: penambangan, pabrikasi, aplikasi pada bangunan, perawatan, daur ulang dan pembuangan. “ *The mining, manufacturing, use, maintenance, recycling, and disposal of every building material have important environmental ramifications*”<sup>27</sup>. Dalam setiap proses / fase yang terjadi dalam daur hidup terjadi konsumsi sumber daya alam dan pembuangan zat sisa /limbah. Tiap fase tentunya akan memberikan dampak yang berbeda-beda pada lingkungan. Pandangan secara holistik sangat diperlukan untuk menganalisa dampak lingkungan secara objektif. Oleh karena itu keseluruhan beban lingkungan yang dihasilkan dalam daur hidup material inilah yang penting untuk diketahui.



**Gambar 2.1** Daur material vernis  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.

*”Non-life-cycle thinking considers only how to take, use and then dispose of material, treating nature as merely the source of materials and, after they are*

<sup>27</sup> Ibid, hal 26. Material dari alam akan menjadi sampah / limbah di akhir masanya dan dampak yang dihasilkan oleh lingkung bangun dalam hubungannya dengan lingkungan tidak berhenti sampai disitu namun dapat terus berlanjut, sehingga dapat mengetahui hubungan keterkaitan yang terjadi antarlingkung bangun dengan lingkungan alam.

*used, a sink of our waste*<sup>28</sup> ”. Pengetahuan tentang daur hidup bahan merupakan pengetahuan yang sangat penting dan diperlukan dalam konsep pembangunan yang berkelanjutan. Tanpa pengetahuan ini seringkali lingkungan hidup hanya dianggap sebagai sumber bahan baku. Seringkali pemikiran hanya terbatas pada bagaimana untuk mengambil, menggunakan dan membuang material, tanpa adanya kesadaran untuk melestarikan sumber daya atau

*Life Cycle Assesment* (nilai daur hidup) atau yang sering disingkat dengan LCA merupakan suatu pendekatan evaluasi yang bertujuan untuk memahami daur hidup lingkungan bangun dan dampaknya terhadap lingkungan melalui aplikasi material pada bangunan. ”*Life cycle assessment (LCA) is a technique used to collect information about the environmental implications of the extraction, processing, manufacture, use, and disposal of building materials*<sup>29</sup>”. Yang menjadi perhitungan dalam LCA diantaranya:

1. pengambilan, pemrosesan, dan transportasi material mentah;
2. produksi, transportasi, dan distribusi dari produk yang dihasilkan;
3. penggunaan, penggunaan kembali dan perawatan;
4. daur ulang dan pembuangan akhir.

---

<sup>28</sup> Ibid, hal 29. Pengetahuan daur hidup bahan merupakan pengetahuan yang an diperlukan dalam konsep pembangunan.

<sup>29</sup> Ibid, hal 26. *Life Cycle Assesment* (nilai daur hidup) atau yang sering disingkat dengan LCA merupakan suatu pendekatan evaluasi yang bertujuan untuk memahami daur hidup lingkungan bangun dan dampaknya terhadap lingkungan melalui aplikasi material pada bangunan.

Tujuan dari penerapan LCA adalah<sup>30</sup>:

1. mengevaluasi beban lingkungan berkaitan dengan produk, proses, atau aktivitas, mengidentifikasi dan memperhitungkan penggunaan energi, material, dan jumlah sampah / limbah yang dilepaskan ke lingkungan;
2. mengetahui dampak penggunaan sumber daya dan pembuangan limbah serta dampak terhadap lingkungan
3. melakukan evaluasi dan menerapkannya memberikan kemungkinan untuk perbaikan.

Environmental parameter	Unit	Amount/m <sup>2</sup> Villaboard™ Sheet
Embodied energy <sup>(a)</sup>	MJ	45.9
CO <sub>2</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	kg	11.9
NO <sub>x</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	80.9
SO <sub>x</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	65.1
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	26.9
CH <sub>4</sub> air emissions <sup>(b)</sup>	g	2.4
Dust air emissions <sup>(b)</sup>	g	28.9
Solid waste emissions <sup>(c)</sup>	kg	6.8
Water resource depletion <sup>(d)</sup>	L	101.7
Wastewater discharge <sup>(e)</sup>	L	81.7

**Tabel 2.1** Contoh hasil studi LCA pada lembaran *fibre-cement*, 6mm, bermerk Villaboard  
Sumber: *Building Ecology*.

Dari tabel studi LCA diatas terlihat bahwa terdapat empat parameter yang digunakan dalam mengukur dampak penggunaan suatu material, yaitu:

<sup>29</sup> Ibid, hal 26. *Life Cycle Assesment* (nilai daur hidup) atau yang sering disingkat dengan LCA merupakan suatu pendekatan evaluasi yang bertujuan untuk memahami daur hidup lingkung bangun dan dampaknya terhadap lingkungan melalui aplikasi material pada bangunan.

- *Embodied Energy* (energi kandungan); yaitu energi yang dikandung suatu material dari setiap proses pengambilan, pengolahan material termasuk energi yang digunakan dalam transportasi material.
- *Emissions* (emisi); zat sisa yang dilepas ke lingkungan
- *Resource Depletion* (penyusutan sumber daya); yaitu penggunaan sumber daya alam mentah dalam material, dan dalam berbagai proses pembuatan material.
- *Waste Discharge* (sampah yang dilepas); yaitu materi sisa yang dilepaskan langsung ke lingkungan.

Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya daur material melibatkan dua hal utama, yaitu: materi dan energi.

### Materi

Materi adalah bahan mentah yang digunakan untuk menjadi bahan bangunan<sup>31</sup>. Dalam daur material terdapat dua jenis materi, yaitu materi yang menjadi bahan mentah material dan materi yang menjadi sisa / buangan dari daur suatu material. Materi sebagai bahan mentah didapatkan dari alam. Penggunaan secara berlebihan (melebihi daya regenerasi lingkungan) akan menimbulkan dampak penyusutan bahkan krisis sumber daya. Oleh karena itu secara ekologis konsumsi materi sebagai bahan mentah perlu ditekan seminimal mungkin sehingga setidaknya-tidaknya berada pada tingkat yang sama dengan kemampuan regenerasi alam.

---

<sup>31</sup> Heinz Frick, *Dasar-Dasar Eko-Arsitektur* (Yogyakarta: Kanisius, 1998).

Secara alami daur materi di alam bersifat tertutup. Dengan daur yang bersifat tertutup maka daur ini tidak akan menimbulkan materi sisa atau buangan. Daur yang tertutup ini memiliki tingkat efisiensi yang sangat tinggi. Namun karena adanya berbagai kegiatan manusia yang mengganggu, daur tersebut menjadi terputus. Terputusnya daur menyebabkan daur tidak lagi efisien. Materi sisa / buangan akan menjadi beban bagi lingkungan yang tentunya dalam jumlah yang besar akan dapat merusak kualitas lingkungan. Daur yang tidak efisien akan menyebabkan turunnya kualitas lingkungan.



**Gambar 2.2** Daur materi secara alami (sedikit gangguan darimanusia)  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.



**Gambar 2.3** Daur materi yang telah terganggu aktivitas manusia  
 Sumber: *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*.

## Energi

”Energi dibutuhkan untuk mengubah bahan mentah menjadi bahan bangunan”<sup>32</sup>. Setiap proses pengolahan dalam daur materi membutuhkan energi. Banyaknya proses yang dialami oleh materi berarti banyak pula energi yang dibutuhkan. Dalam hubungan penggunaan energi dengan daur material dikenal adanya istilah *embodied energy* (energi kandungan). ”*The embodied energy of a material is the energy require to extract, process, manufacture and transport building materials and products and to deliver them to site*”<sup>33</sup>. Namun energi kandungan dalam suatu material masih dapat bertambah dalam masa penggunaannya pada bangunan. Proses perawatan dan perbaikan material yang tentunya menggunakan energi, juga turut diperhitungkan dalam *embodied energy*.

Jumlah keseluruhan energi dalam proses yang dialami suatu bahan penting untuk diketahui. Jumlah tersebut (*embodied energy*) dapat dijadikan indikator dampak yang dihasilkan suatu material terhadap lingkungan, mengingat dalam setiap penggunaan energi tersebut akan dihasilkan emisi dan limbah<sup>34</sup>.

---

<sup>32</sup> Ibid, hal 113. Setiap proses pengolahan dalam daur materi membutuhkan energi.

<sup>33</sup> Graham, *Building Ecology*, hal 57. Energi kandungan dalam suatu material masih dapat bertambah dalam masa penggunaannya pada bangunan.

<sup>34</sup> Ibid.

Material	Embodied energy (MJ/kg)
Air dried sawn hardwood	0.5
Stabilised earth	0.7
Concrete blocks	1.5
In situ concrete	1.9
Kiln-dried sawn hardwood	2.0
Clay bricks	2.5
Plasterboard	4.4
Cement	5.6
Plywood	10.4
Medium density fibreboard (MDF)	11.3
Glass	12.7
Mild steel	34.0
PVC	80.0
Aluminium	170.0

**Tabel 2.2** *Embodied energy* pada material

Sumber: *Building Ecology*.

Dari tabel terlihat bahwa material yang membutuhkan proses pembuatan yang lebih rumit (dengan teknologi tinggi) dan material yang pembuatannya membutuhkan lebih banyak bahan mentah akan memiliki nilai *embodied energy* yang lebih besar.

Energi diperoleh dari alam. Sebagian besar sumber energi yang ada saat ini berasal dari transformasi materi alam yang tidak terbarukan. Dengan demikian penggunaan energi berarti juga penggunaan materi alam. Oleh karena itu secara ekologis penggunaan energi juga harus ditekan seminimal dan seefisien mungkin.

Dalam isu efisiensi penggunaan materi dan energi kegiatan daur ulang menjadi sangat relevan. Dengan kegiatan daur ulang konsumsi terhadap materi alam dapat dikurangi. Selain itu jumlah materi sisa yang harus menjadi beban lingkungan juga dapat ditekan karena pada prinsipnya kegiatan daur ulang adalah kegiatan yang melihat potensi yang terdapat dalam suatu materi sisa. Dengan bantuan pemikiran yang kritis dan teknologi, materi yang

dianggap sisa dapat dikembalikan kepada daurnya sehingga materi tersebut dapat dipergunakan kembali.

#### **2. 4. 1. 3. Klasifikasi Bahan Bangunan Secara Ekologis**

Dalam hubungannya dengan daur bahan, material yang digunakan pada lingkungan bangun dapat diklasifikasikan berdasarkan penggunaan bahan mentah dan tingkat transformasi (perubahan wujud fisik) yang terjadi dalam daurnya. Aspek penggunaan bahan mentah berkaitan dengan konsumsi materi, sedangkan aspek tingkat transformasi berkaitan dengan konsumsi energi (makin tinggi tingkat transformasi maka makin besar konsumsi energinya). Klasifikasi ini dianggap perlu untuk mempermudah mengenali tingkatan dampak yang dihasilkan penggunaan suatu bahan terhadap lingkungannya<sup>35</sup>. Berikut adalah klasifikasi tersebut:

- Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali (regeneratif)

Yang termasuk ke dalam bahan bangunan ini adalah bahan bangunan organik nabati dan hewani yang dapat diaplikasikan langsung, tanpa transformasi. Contoh: kayu, rotan, rumbia, alang-alang, kulit binatang, dll. Bahan bangunan ini memiliki daur hidup alami (kemampuan budidaya), oleh karena itu daurnya bersifat tertutup.

Dengan daur yang tertutup material ini relatif tidak memiliki dampak negatif secara ekologis. Dalam penggunaannya juga hanya membutuhkan energi yang sangat kecil. Walaupun sifatnya

---

<sup>35</sup> Frick, *Dasar-Dasar Eko-Arsitektur*, hal 11.

regeneratif namun penggunaannya tetap harus dijaga agar tidak melebihi kemampuannya beregenerasi secara alami. *”The sustainable use of resources requires using renewable resources at a rate at which they can be replenished”*<sup>36</sup>.

- Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali

Yang termasuk ke dalam klasifikasi ini adalah bahan organik bukan nabati atau hewani yang dapat langsung diaplikasikan pada bangunan, seperti: tanah liat, pasir, batu alam, dll.

Bahan bangunan ini sifatnya tidak terbarukan, namun dapat dipergunakan berulang kali dengan proses sederhana.

- Bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi sederhana.

Yang termasuk ke dalam klasifikasi bahan bangunan ini adalah material yang bahan mentahnya berasal dari alam, kemudian mengalami pengolahan yang mengakibatkan perubahan pada wujud (transformasi) bahan. Contoh: batu bata dari tanah liat, genting dari tanah liat, logam dari bijih logam, kaca dari pasir kuarsa, dll. Bahan mentah yang digunakan sifatnya tidak terbarukan, namun bahan bangunan dapat digunakan kembali dengan perlakuan tertentu. Beberapa dari bahan ini dalam pengolahannya melibatkan proses dengan teknologi yang cukup tinggi. Proses tersebut juga melibatkan

---

<sup>36</sup> Graham, *Building Ecology*, hal 139.

- Bahan bangunan yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi

Yang termasuk ke dalam klasifikasi bahan bangunan ini adalah material yang menggunakan bahan mentah fosil (minyak bumi, arang atau gas). Material yang dihasilkan berupa material sintetis seperti: plastik, epoksi, polikarbonat, pvc, dll.

Bahan sintetis merupakan bahan yang dinilai tidak baik secara ekologis, karena; 1. sulit didaur ulang, membutuhkan energi dan biaya yang besar; 2. Pengolahan harus melalui beberapa proses yang tidak dapat dibalik (*irreversible*); 3. Menggunakan bahan baku yang tidak dapat diperbaharui (bahan mentah fosil).

Pengetahuan bahan bangunan ditinjau dari sisi ekologis sangat penting. Penggunaan material pada bangunan harus disadari memiliki dampak yang begitu jauh terhadap lingkungan. Oleh karena itu penggunaan material harus dilakukan secara optimal. Artinya material tersebut harus dapat dimanfaatkan terus menerus dengan semaksimal mungkin. Dengan demikian permintaan terhadap material baru dapat dikurangi. Karena penggunaan material baru berarti konsumsi terhadap sumber daya alam dalam jumlah yang besar dan juga dampak negatif terhadap lingkungan yang begitu besar pula. Dalam upaya optimalisasi penggunaan bahan ini, daur ulang dapat menjadi solusi yang sangat baik.

### 2.4.1 Daur Ulang

*“Earth is already living beyond its means. This provides the context for considering the problem of waste”*<sup>37</sup>. Bumi telah dihidupi oleh manusia melebihi kapasitasnya. Hal ini merupakan cukup alasan untuk mempertimbangkan tentang isu sampah. Pernyataan tersebut mencakup dua isu utama yakni *'means'* dan *'the problem of waste'*.

*Means* dapat diartikan sebagai kapasitas atau kemampuan. Berbicara tentang kapasitas berarti berbicara tentang pemenuhan kebutuhan. Dengan demikian isu *means* dapat diartikan sebagai isu sumber daya alam sebagai alat pemenuhan kebutuhan manusia. Sumber daya alam telah mengalami penyusutan jumlah yang sangat besar oleh karena pola konsumsi manusia yang tidak baik, yang melebihi kemampuan regenerasi alam. Penyusutan ini mengancam generasi di masa mendatang dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya.

*The problem of waste* atau isu tentang sampah dapat dilihat dari dua sudut pandang yang berbeda khususnya dalam konteks lingkungan bangun. *The problem of waste* dapat diartikan sebagai permasalahan jumlah sampah yang semakin banyak sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, atau *the problem of waste* juga dapat diartikan sebagai suatu isu dimana *waste* atau sampah harus dilihat kembali secara kritis sebagai suatu potensi dalam pemenuhan kebutuhan manusia.

---

<sup>37</sup> Damaiyanto, “Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan.”hal 25

Daur ulang merupakan salah satu strategi yang dapat diterapkan dalam upaya mencapai *sustainable development*. Strategi ini sangat erat hubungannya dengan penggunaan material dan pengelolaan sampah.

### 2. 4. 2. 1 Pengertian Daur Ulang

Daur ulang dalam bahasa Inggris berarti *recycle*. Menurut runutan katanya kata *recycle* terdiri dari dua kata *re-* dan *cycle*. Kata *re-* dalam kamus *Oxford Learner's Dictionary* berarti; *again* Sedangkan kata *cycle* memiliki arti; *series of events in a regularly repeated order*. Kata *recycle* sebagai sebuah kata berarti; *treat (something already used) so that it can be used again*<sup>38</sup>. Dari beberapa pengertian kata tersebut dapat disimpulkan bahwa kata daur ulang, yang dapat diwakilkan dengan kata *recycle* dalam bahasa Inggris, berarti tindakan mengembalikan sesuatu yang telah digunakan kepada suatu siklus atau daurnya sehingga pada akhirnya sesuatu itu dapat digunakan kembali.



**Gambar 2.4** *Recycle* dalam daur bahan

Sumber: *Ilmu Bahan Bangunan*.

<sup>38</sup> *Oxford Learner's Pocket Dictionary* (Oxford: Oxford University Press, 1995).

*Recycle* juga dapat diartikan sebagai suatu rangkaian proses. "A more precise definition of recycling could include any process where waste materials are collected, manufactured into new material, and used or sold again in the form of new products or raw materials"<sup>39</sup>. Menurut pengertian tersebut suatu kegiatan dapat didefinisikan sebagai kegiatan *recycle* jika mencakup tiga jenis proses, yaitu:

- *Collection*; yakni kegiatan mengumpulkan material-material yang tidak digunakan lagi (sampah).
- *Manufacturing*; yakni kegiatan produksi dengan menggunakan material bekas (sampah) sebagai bahan mentah untuk menghasilkan produk baru.
- *Consumption*; yakni kegiatan memakai produk baru yang diolah dari material bekas (sampah).

Dari beberapa pengertian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa inti dari *recycle* adalah pemanfaatan material bekas atau sampah dengan pengolahan sedemikian rupa sehingga dapat dikonsumsi kembali untuk memenuhi kebutuhan hidup. Dalam hal ini sampah tidak lagi dianggap sebagai sesuatu yang harus dibuang atau dimusnahkan begitu saja, melainkan sebagai suatu potensi sebagai bahan mentah untuk memenuhi kebutuhan.

---

<sup>39</sup> Melinda Powelson David, *The Recycler's Manual for Business, Government, and the Environmental Community* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1992).

Dengan demikian pemenuhan kebutuhan tidak lagi hanya bisa dilakukan dengan mengeksploitasi material mentah dari alam. Sumber daya alam sedikit banyak dapat diminimalkan penggunaannya. Selain itu pemanfaatan sampah pada daur ulang juga dapat mereduksi jumlah penumpukan sampah yang dapat menimbulkan polusi pada lingkungan. Penerapan daur ulang ini sejalan dengan upaya konservasi sumber daya alam.

*“We are slowly moving to a position where there will be no such thing as waste, merely transformation. This is what recycling is mainly about”<sup>40</sup>.*

#### **2. 4. 2. 2. Termodinamika dan Ekologi Daur Ulang**

Termodinamika merupakan hukum fisika yang menjelaskan kondisi dasar sistem energi dan materi yang ada di dunia. Dengan memahami termodinamika kita dapat menciptakan suatu sistem hidup yang sesuai, dan mampu mendukung keberlanjutan.

*”Under normal circumstances matter can’t be destroyed either. The first law implies that energy and matter can’t really be consumed, but are instead processed and transformed. The amount of energy and matter existing before the transformation will be equal to the amount existing after the transformation, although in different forms”<sup>41</sup>.*

Kutipan di atas merupakan penjelasan singkat mengenai hukum termodinamika yang pertama. Menurut hukum termodinamika materi dan energi tidak dapat musnah, hanya mengalami perubahan wujud. Namun yang

---

<sup>40</sup> Damaiyanto, “Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan.”hal 18

<sup>41</sup> Graham, *Building Ecology*,hal 138.

menjadi masalah adalah jika wujud yang tercipta akibat pengolahan materi itu adalah wujud yang tidak dapat dimanfaatkan kembali oleh manusia, atau wujud yang dapat membahayakan lingkungan kehidupan manusia.

Sampah / limbah adalah salah satu wujud materi. Namun banyak dari sampah yang ada pada saat ini sebenarnya masih dapat dimanfaatkan kembali. Gaya hidup konsumerisme mengakibatkan banyaknya materi yang dibuang masih memiliki kandungan energi yang besar. Kandungan energi yang besar berarti materi masih memiliki kemampuan regenerasi, masih dapat ditransformasi ke dalam bentuk yang bisa dimanfaatkan kembali. Hal ini menunjukkan penggunaan materi secara tidak optimal.

*"The first law of thermodynamics therefore reminds BEEs (Building professionals Ecologically literate and Enviromentally aware) to be resource efficient, to minimise consumption (dematerialise), and to use resources wherever possible which don't cause pollution and that are easy to regenerate"*<sup>42</sup>.

Berbeda dengan energi materi bergerak pada suatu sistem yang tertutup, sebuah siklus. *"... as energy flows through a closed system the energy available to that system for work decreases"*<sup>43</sup>. Kutipan tersebut merupakan definisi dari hukum termodinamika yang kedua. Dalam suatu sistem yang tertutup seperti pada sistem materi, semakin sering materi itu mengalami transformasi (kerja), maka semakin berkurang pula energi yang dimiliki materi untuk melakukan kerja (energi berkualitas tinggi) dan semakin

---

<sup>42</sup> Ibid, hal 139. Kandungan energi yang besar berarti materi masih memiliki kemampuan regenerasi, masih dapat ditransformasi ke dalam bentuk yang bisa dimanfaatkan kembali.

<sup>43</sup> Ibid.

bertambah jumlah energi yang tidak dapat dipakai untuk melakukan kerja (energi berkualitas rendah). Energi berkualitas rendah ini dikenal dengan istilah entropi. Suatu sistem yang memiliki jumlah energi berkualitas rendah dalam jumlah yang besar, dapat dikatakan sebagai sistem dengan entropi tinggi. Entropi yang tinggi dalam suatu sistem cenderung menciptakan suatu keadaan yang tidak terorganisir (*less organized*) atau kacau.

Hukum termodinamika yang kedua ini berhubungan dengan daur hidup bahan. Sesuai dengan hukum termodinamika ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang proses suatu bahan dalam daur hidupnya maka semakin sedikit kandungan energi berkualitas tinggi dalam bahan dan semakin tinggi entropinya. .

*”To survive, a system must be designed to use energy it receives in the most optimum way. Given that energy-quality is constantly lost from a system as it performs its function, keeping as much energy in the system for as long as possible is very important”*<sup>44</sup>.

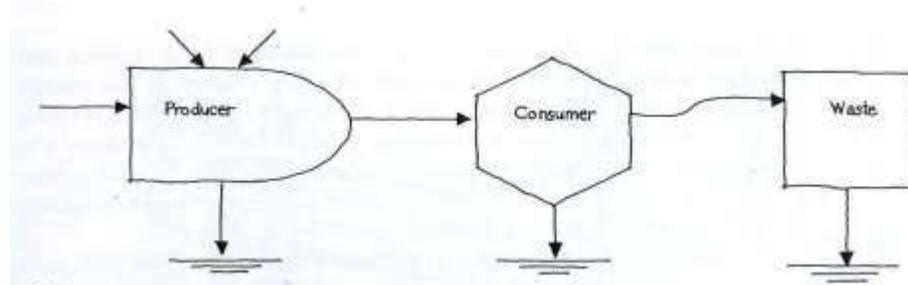
Daur ulang merupakan upaya untuk mempertahankan energi dalam suatu sistem materi sebanyak dan selama mungkin.”*Sustainable systems are those that recycle the outputs of consumption as resources for production. Sustainable systems therefore don’t waste resources they feed production and thereby keep the energy in their systems for as long as possible*”<sup>45</sup>. Daur ulang merupakan pengejawantahan dari suatu sistem yang berkelanjutan, yang mampu mempertahankan kelangsungan energi.

---

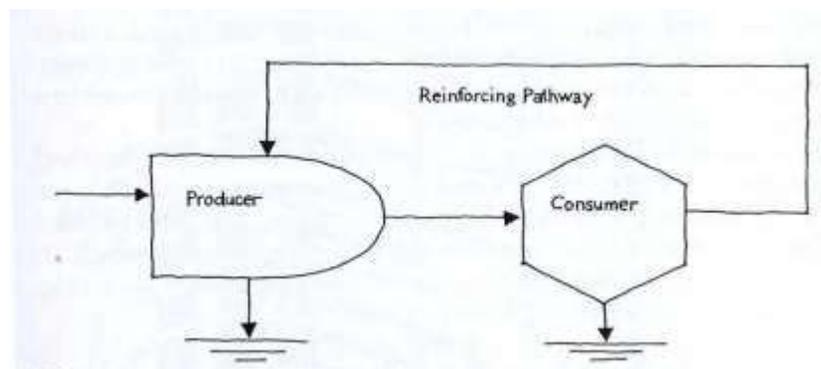
<sup>44</sup> Ibid, hal 144. Hukum termodinamika yang kedua berhubungan dengan daur hidup bahan.

<sup>45</sup> Ibid, hal 145. Daur ulang merupakan upaya untuk mempertahankan energi dalam suatu sistem materi.

Daur ulang dapat memaksimalkan efektifitas dan efisiensi penggunaan energi. Dalam daur ulang sendiri tentunya dibutuhkan adanya energi. Namun energi yang digunakan dalam daur ulang akan menghasilkan lebih banyak energi lagi.



**Gambar 2.5** Diagram sistem yang tidak berkelanjutan  
Sumber: *Building Ecology*.



**Gambar 2.6** Diagram sistem yang berkelanjutan  
Sumber: *Building Ecology*.

### 2. 2. 4. 3. Daur Ulang pada Lingkungan Bangun

Lingkungan bangun mengkonsumsi sumber daya alam dalam jumlah yang sangat besar, tercatat 40% dari total konsumsi sumber daya alam secara global per tahun. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dalam sebuah bangunan

terkandung sumber daya alam yang sangat besar jumlahnya. Sumber daya yang terkandung dalam bangunan tersebut tentunya dapat dipergunakan kembali baik untuk fungsi yang sama maupun berbeda.” *It is in the sphere of building that recycling has considerable potential*”<sup>46</sup>.

Namun pada kenyataannya potensi tersebut seringkali tidak disadari dan disia-siakan begitu saja. Bangunan yang sudah tidak dipakai lagi seringkali dihancurkan begitu saja dan digantikan dengan membangun bangunan baru. Maka sisa dan puingpuing konstruksi gedung menjadi sampah dalam seketika. Dengan demikian sampah yang dihasilkannya pun berjumlah sangat besar dan biasanya berakhir sebagai tumpukan sampah di tempat penampungan sampah. Tumpukan sampah padat dalam jumlah yang sangat besar ini tentunya akan memberikan dampak bagi lingkungannya, misalnya pencemaran tanah.

Jumlah sampah yang dihasilkan oleh industri konstruksi mencapai angka yang sangat tinggi setiap tahunnya. Hal ini terjadi hampir di semua negara di dunia. ”*In Australia it has been estimated to constitute up to 40% of the urban solid waste stream disposed at landfill site. In Singapore it comprises between 10% and 20% while figures for the US are around 33%. The building industry can therefore play a major role in trying to reduce solid waste and reduce the need to take up space for landfills*”<sup>47</sup>. Jumlah yang besar ini mengindikasikan bahwa upaya untuk melakukan pengurangan jumlah sampah adalah tepat jika dimulai dari industri konstruksi.

---

<sup>46</sup> Damaiyanto, “Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan.”hal 21

<sup>47</sup> Graham, *Building Ecology*, hal 69.

Kondisi ini harus dipandang sebagai potensi yang sangat besar untuk menerapkan daur ulang pada lingkup bangun. Penerapan daur ulang pada lingkup lingkup bangun bukan saja hanya berupa kegiatan mendaur ulang material-material yang ada pada bangunan tetapi juga pemakaian material-material bekas atau material hasil daur ulang pada bangunan.

Dalam hal *recycling* perlu diperhatikan, bahwa dalam hubungannya dengan bahan bangunan istilah '*recycling*' agak umum dan mengandung istilah 3 di-sebagai berikut:<sup>48</sup>

- diolah kembali, berarti bahan bangunan yang sudah dipakai dapat diolah (digiling, dilebur, diproses, dsb.) sehingga menjadi bahan yang asli kembali, atau bahan lain yang dapat dimanfaatkan
- didaur ulang, berarti bahan bangunan, yang sudah dipakai dapat didaur ulang (konstruksi atap kayu bekas menjadi kosen, pecahan kaca mennjadi kaca patri, dsb.
- digunakan kembali, berarti bahan bangunan, yang sudahdipakai, langsung dapat dipakai lagi (genting, kaca, batu alam yang ditarah, dan sebagainya).

Pernyataan di atas juga didukung oleh pernyataan Peter White yang menyatakan cakupan *recycle* dalam lingkup bangun. ” *There are at least three aspects to this; 1. re-used items for the same or an alternative purpose; 2. refurbished materials; 3. reconstituted materials.*”<sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup> Frick, *Dasar-Dasar Eko-Arsitektur*, hal 119.

<sup>49</sup> Damaiyanto, “Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan.”hal 22

- *Re-used items*, berarti penggunaan kembali bahan bangunan secara langsung, baik untuk penggunaan yang sama atau pun berbeda dengan penggunaan sebelumnya. Aspek ini sama dengan istilah ‘digunakan kembali’
- *Refurbished materials*, berarti material bekas mengalami perbaikan nilai. Aspek ini sama dengan istilah ‘didaur ulang’.
- *Reconstitued materials*, berarti material bekas mengalami proses pengolahan kembali. Aspek ini sama dengan istilah ‘diolah kembali’.

Pengkategorian di atas dapat disimpulkan pula sebagai pengkategorian *recycle* berdasarkan proses manufakturnya.

#### Diolah Kembali / *reconstitued*

Proses *recycle* dengan diolah kembali biasanya memiliki karakteristik, sebagai berikut:

- Dalam proses *recycle* bahan mengalami perubahan wujud fisik
- proses *recycle* membutuhkan teknologi yang relatif tinggi
- membutuhkan energi yang relatif besar
- biasanya dilakukan secara massal / bersifat pabrikasi
- membutuhkan modal yang besar
- proses melibatkan proses fisika dan atau kimia.

Salah satu kekurangan dari proses ini adalah besarnya jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses *recycle*. Selain energi yang dipakai dalam proses recycle energi kandungan bahan (*embodied energy*) juga relatif tinggi. Hal ini disebabkan proses pengolahan kembali ini memiliki output berupa bahan yang belum siap pakai, masih harus melalui beberapa proses lagi di dalam daur bahannya sebelum benar-benar bisa diaplikasikan pada bangunan. Proses ini paling tidak efisien dalam pemanfaatan energi.

Oleh karena itu proses ini dapat dikatakan baik secara ekologis apabila total energi yang digunakan dalam proses *recycling* tidak lebih besar apabila dibandingkan dengan total energi yang digunakan dalam ekstraksi sumber daya alam mentah menjadi material bangunan tersebut. Namun proses ini tetap akan lebih baik secara ekologis apabila dilihat dari sudut pandang konservasi sumber daya alam terutama sumber daya yang tak terbarukan. Hal ini disebabkan bahan mentah dalam recycling tidak lagi diambil dari alam melainkan dengan memanfaatkan sampah.

Proses ini biasanya diterapkan pada material-material bekas yang secara fisik tidak memadai lagi, namun secara materi material-material ini masih memiliki nilai.

Misalnya baja yang sudah berkarat, kayu yang sudah lapuk, kaca yang telah pecah, dll. Dalam daur bahan proses ini dapat mengembalikan material (dalam bentuk produk) kepada bentuk dasarnya.

Salah satu contoh penerapan pengolahan kembali adalah pada proses *recycle* bahan kaca jendela. Dalam proses pengolahan kembali kaca mengalami

perubahan wujud dari padat menjadi cair dalam proses peleburan. Peleburan ini dilakukan dengan melakukan pemanasan pada kaca dengan suhu yang sangat tinggi. Energi yang besar dibutuhkan dalam proses peleburan ini. Proses *recycle* ini sendiri membutuhkan teknik-teknik tertentu yang menyebabkan proses ini tidak dapat dilakukan secara mudah.

#### Didaur ulang / *refurbished*

Proses *recycle* dengan daur ulang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- tidak terjadi perubahan wujud fisik bahan
- proses dapat dilakukan dengan teknologi yang sederhana
- membutuhkan energi yang relatif lebih kecil
- biasa dilakukan dalam skala besar /pabrikasi ataupun dalam skala kecil
- membutuhkan modal yang relatif kecil
- proses hanya melibatkan proses fisika

Salah satu kelebihan proses ini adalah dapat dilakukan dengan teknologi yang sederhana, ditambah lagi modal yang dibutuhkan relatif kecil, dengan demikian proses ini dapat dilakukan sampai kepada tingkat rumah tangga. Energi yang dibutuhkan dalam proses ini juga lebih kecil bila dibandingkan dengan *recycle* dengan pengolahan kembali. Begitu juga dengan *embodied energy material* yang dihasilkan dengan proses ini juga lebih kecil

dibandingkan dengan proses sebelumnya. Proses ini tergolong baik secara ekologis.

Contoh penerapan *recycle* dengan mendaur ulang, misalnya pada kaca jendela. Kaca jendela bekas dapat diolah menjadi kaca patri. Pengolahannya dapat dilakukan dengan teknologi sederhana yang tidak membutuhkan banyak energi.

#### Digunakan Kembali / *reused*

Proses *recycle* dengan penggunaan kembali memiliki karakteristik sebagai berikut:

- tidak mengalami perubahan bentuk produk
- proses tidak membutuhkan teknologi
- relatif tidak membutuhkan energi
- dapat dilakukan dalam skala kecil ataupun besar, namun tidak membutuhkan pabrikasi.
- Membutuhkan modal yang sangat kecil
- Proses tidak melibatkan proses fisika maupun kimia

Proses ini dapat dianggap sebagai proses yang paling baik secara ekologis. Proses relatif tidak membutuhkan energi, dapat dengan mudah dilakukan. Bila dilihat pada daur bahan, produk dari proses ini langsung dapat digunakan. Dengan demikian efisiensi *embodied energy* sangat tinggi. Karena proses yang dialami pada daur bahan sangat singkat, maka dampak

yang dihasilkan terhadap lingkungan pun sangat kecil atau dapat dikatakan relatif tidak ada.

Proses ini hanya dapat dilakukan pada material yang masih memiliki kualitas yang layak pakai baik secara fisik maupun materi. Selain itu proses ini tidak memberikan fleksibilitas dalam desain karena keterbatasan bentuk yang diberikan oleh material lama. Proses ini sering diterapkan dalam kegiatan konservasi dan rehabilitasi bangunan.

Dalam melakukan *recycle* pada lingkungan bangun dibutuhkan kejelian dalam melihat potensi yang terdapat pada material-material bekas / sisa dan juga kejelian dalam memutuskan jenis tindakan *recycle* yang akan dilakukan pada material. Ada begitu banyak material bekas yang dapat di-*recycle* sehingga dapat diaplikasikan kembali pada lingkungan bangun. Berbagai karakteristik yang ada pada cakupan *recycle* perlu dipahami untuk menghindari kegiatan *recycle* yang tidak tepat guna pada material. Tindakan *recycle* yang tidak tepat dapat mengakibatkan pemanfaatan materi yang tidak optimal dan efisien. Akibatnya dapat memberi dampak buruk bagi lingkungan.

## **2.5 Studi Preseden Pendekatan Sejenis**

### **2.5.1 The EcoARK, Taiwan**

Bangunan yang disebut “struktur botol plastik pertama didunia” ini dinamakan EcoARK. The EcoARK merupakan karya dari Arthur Huang. Ide bangunan ini ialah keprihatinan Arthur Huang melihat banyaknya sampah botol PET bekas di kantor. Bangunan ini dibangun dengan material *low carbon* dengan menggunakan 1,5 juta botol plastik yang

bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya daur ulang. Dalam fasad bangunan ini terdapat *screen waterfall* yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang akan dipergunakan sebagai penyejuk udara. The EcoArk dibuat menjadi bangunan yang teringan di dunia, *moveable*, *breathable*, dan *environmental miracle*, namun cukup kuat ketika menghadapi topan dan gempa bumi.



**Gambar 2.7** Eksterior dan interior TheEcoARK

Sumber: *inhabitat.com*



**Gambar 2.8** The EcoARK pada malam hari

Sumber: *inhabitat.com*

Bangunan berdimensi panjang 130 meter dan tinggi 26 meter ini dibangun selama 3 tahun dan merupakan milik sebuah grup perusahaan Taiwan, *Far Eastern Group*, yang bergerak

di bidang konstruksi dan keuangan. Namun, pada bulan Mei 2010 lalu, proyek pembangunan ini diserahkan kepada pemerintah.



**Gambar 2.9** Perspektif The EcoARK  
Sumber: *inhabitat.com*



**Gambar 2.10** Susunan botol plastic PET  
Sumber: *inhabitat.com*

The EcoARK memiliki dua ruang utama, yaitu *amphitheater* dan *exhibition*. Bangunan ini dipergunakan sebagai ruang pameran untuk *Taipei Int'l Flora Expo* di bulan November, 2010. The EcoARK dibangun berdasarkan tiga tujuan, yaitu “3R: *Reduce, Reuse, Recycle*”. Selain *low carbon* dan kemahiran dalam membuat botol bekas menjadi bahan bangunan, yang mengesankan dari bangunan ini ialah keindahan estetikanya.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> “The EcoARK,” *Inhabitat*, last modified 2017, accessed February 28, 2022, <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/>.

### **2.5.2 Rioglass Solar Production Plant, Lena, Spanyol**

*Rioglass Solar Production Plant* merupakan sebuah pabrik tradisional (untuk produsen panel surya), yang dirancang oleh Juan de Villanueva yang bekerja di perusahaan Villanueva.D.Arquitectos.

*Rioglass Solar Production Plant* adalah pemimpin global dalam merancang dan membuat komponen CSP dan CPV optik . Didirikan pada tahun 2007, Rioglass Solar sekarang menjadi pemasok terbesar tabung CSP HCE dan cermin pemekat di pasar . Dengan desain inovatif, teknologi canggih, dan kapasitas produksi yang sangat otomatis, Rioglass membuat komponen CSP dan CPV premium lebih mudah diakses oleh bisnis dan konsumen di seluruh dunia.



**Gambar 2.11** Perspektif *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol

Sumber: *archdaily.co.id*

### **Pengaruh Fisik Bangunan**

#### **a. Terhadap matahari**

Bangunan ini memanfaatkan tenaga matahari sebagai asupan untuk panel surya

b. Terhadap angin

Bangunan ini menggunakan banyak sirkulasi pada bangunan ini.

### **Vegetasi**

Menggunakan tanaman vertikal yang digantung di dinding untuk salah satu elemen elastis yang menambah keindahan untuk penghijauan.



**Gambar 2.12** Tampak Samping *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
Sumber: *archdaily.co.id*.

### **Pengolahan Sampah/ Limbah**

Limbah akan diminimalisir melalui penggunaan bahan tahan lama serta sistem daur ulang. Ini akan membuat limbah lebih sedikit.



**Gambar 2.13** Bentuk *site* area panel surya di *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
Sumber: *archdaily.co.id*.



**Gambar 2.14** Panel surya di *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
Sumber: *archdaily.co.id*.



**Gambar 2.15** Panel surya di *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
Sumber: *archdaily.co.id*.

### **Material yang dipakai**

Pabrik Rioglass termasuk pabrik tradisional karena menggunakan panel beton tetapi memiliki *skyline* dimodifikasi dimana ia menggantikan panel *sandwich* biasa (semen dan wafer batu diisi dengan isolasi) dengan kaca. Panel kaca dibuat dengan bingkai baja diproduksi di bengkel untuk menghemat biaya, dan gelas itu sendiri terbuat dari sutra dicetak kaca yang dikeraskan dengan warna – warna yang dipilih bertepatan dengan warna pemandangan dimana pabrik berada.



**Gambar 2.16** Fasad bangunan *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
Sumber: *archdaily.co.id*.



**Gambar 2.17** Tiang - tiang pada tampak depan *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol  
 Sumber: *archdaily.co.id*.

**Tabel 2.3** Kesimpulan Hasil Studi Preseden *Rioglass Solar Production Plant*, Lena, Spanyol dan The EcoARK, Taiwan

Objek	Fungsi Bangunan	Ruang	Konsep Bangunan
<i>Rioglass Solar Production Plant</i> , Lena, Spain	a. Bangunan ini dibuat untuk mengelola panel surya. b. Bangunan ini merupakan salah satu pabrik tradisional.	a. Panel surya b. Kantor c. Elektrikal dan mekanikal  (Bangunan terdiri dari satu lantai)    	a. Bangunan ini memanfaatkan tenaga matahari sebagai asupan untuk panel surya.    b. Bangunan ini memiliki banyak sirkulasi. c. Menggunakan tanaman vertikal yang digantung pada dinding. d. Pabrik <i>Rioglass</i> termasuk pabrik tradisional karena

			<p>menggunakan panel beton tetapi memiliki <i>skyline</i> dimodifikasi dimana ia menggantikan panel <i>sandwich</i>.</p> 
<p>The EcoARK, Taiwan</p>	<p>a. Bangunan ini dibuat untuk galeri dan pertunjukan festival di Taiwan</p>	<p><i>a. Amphitheater</i> <i>b. Exhibition</i> <i>c. Maintenance</i></p> 	<p>a. Bangunan ini menggunakan material daur ulang untuk fasadnya, yaitu botol plastik PET bekas. b. Menggunakan panel surya untuk sistem jaringan listrik. c. Menggunakan <i>screen waterfall</i> digunakan untuk air hujan yang akan dipergunakan sebagai penyejuk udara.</p> 

## 2.6 Studi Preseden Bangunan Sejenis

### 2.6.1 *Waste Treatment Plan* Israel Alba



**Gambar 2.18** Lokasi *Waste Treatment Plan*  
*Sumber: Archdaily, 2021.*

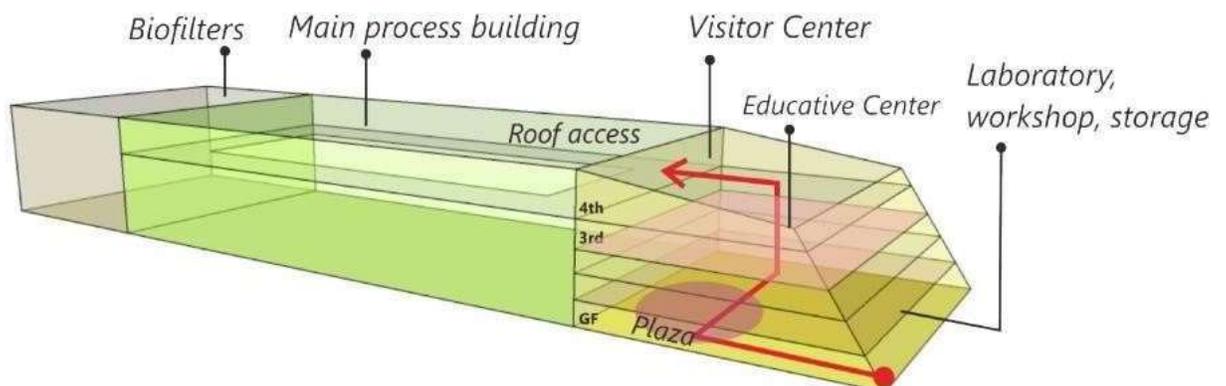
Pabrik pengolahan limbah (WTP) ini terletak di pinggiran kota Valencia yang terletak di area perkebunan non produktif. Bangunan ini dibuat untuk menghapuskan konotasi negatif dari fasilitas pengolahan sampah. Dibuat dengan fasilitas edukasi untuk memperkenalkan potensi energi yang berasal dari sampah. Memberikan pelajaran untuk masyarakat agar memiliki kesadaran untuk mengelola sampah dengan baik. Bangunan ini sebagai observatorium, tempat untuk belajar dan juga memproduksi sesuatu yang bermanfaat berasal dari sampah. Bangunan disesuaikan dengan lingkungan sekitar. Disesuaikan dengan topografi, warna pada lingkungan sebelum dibangun. Membangun sebuah hubungan antara *landscape* dan teknologi. Tempat ini dibuka untuk umum. Pengolahan sampah menggunakan metode gravitasi.

- a. Bangunan sebagai tempat edukasi untuk masyarakat. Bangunan dapat diakses oleh masyarakat yang ingin belajar. Hal ini dapat dipertimbangkan untuk adaptasi dalam perancangan bangunan.
- b. Laboratorium sebagai tempat untuk meneliti material yang berasal dari sampah.

Akses menuju bangunan pengolahan sampah dapat diakses oleh masyarakat, sehingga dibuat gerbang tempat dimana petugas dapat mengontrol keluar-masuknya kendaraan. Akses pada gerbang terdapat jalur keluar dan jalur masuk seperti yang terlihat pada gambar 2.19 Pengunjung datang menuju plaza tempat berkumpul utama lalu diarahkan ke tempat workshop seperti pada skema gambar 2.20 yang terdapat di lantai 3, akses menuju ke atas pengunjung menggunakan *lift*.

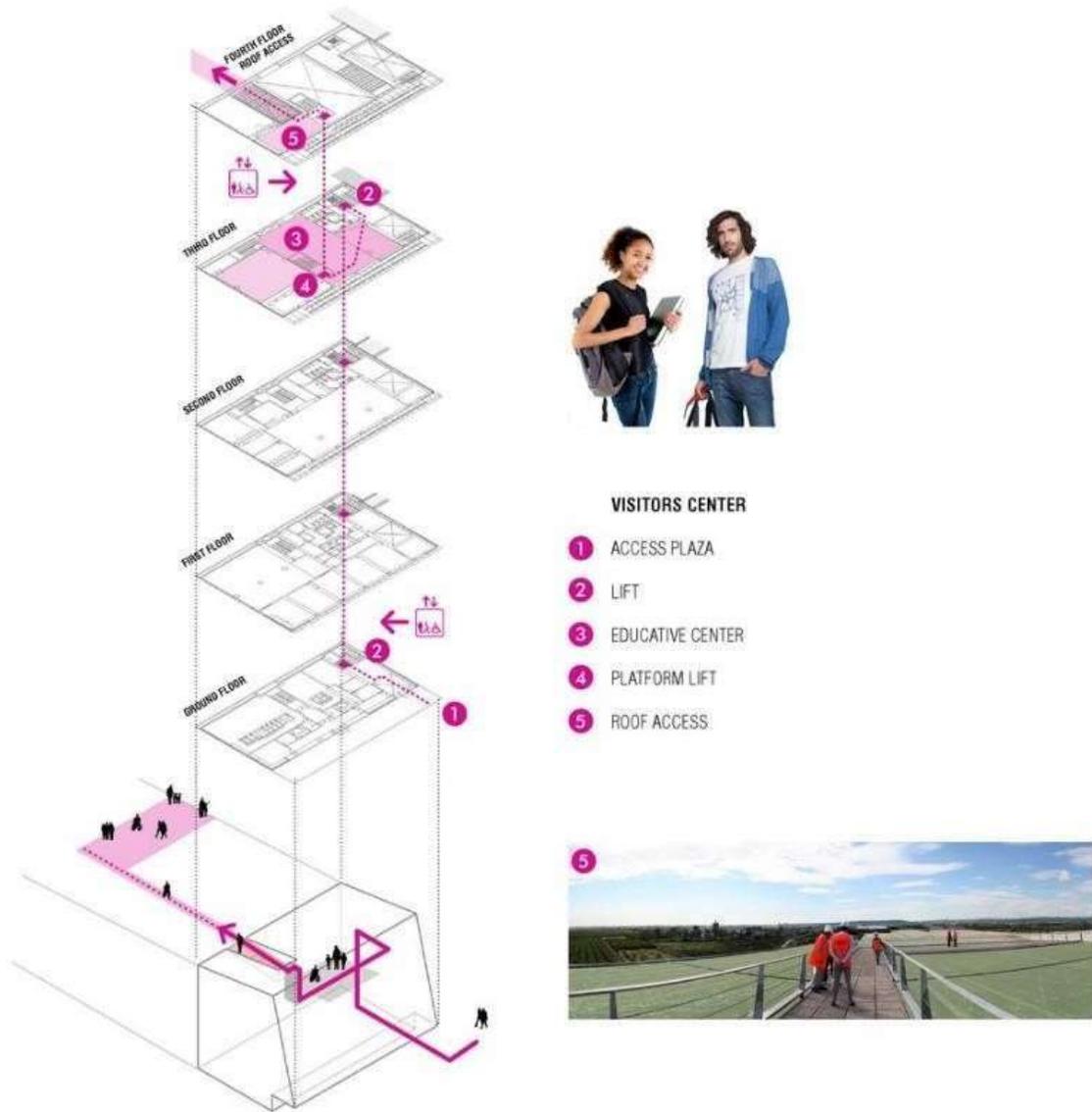


**Gambar 2.19** Gerbang akses utama menuju bangunan  
*Sumber: Archdaily, 2021.*



**Gambar 2.20** Skema bangunan *Waste Treatment Facility*

Tahapan-tahapan pengunjung untuk mengakses bangunan terlihat pada gambar 2.21 yang akses pengunjung berakhir di *rooftop* bangunan dapat melihat keadaan sekitar.



VISITORS CENTER

**Gambar 2.21** Tahapan-tahapan pengunjung untuk mengakses bangunan  
*Sumber: Archdaily, 2021.*

**Tabel 2.4** Kesimpulan Hasil Studi Preseden *Waste Treatment Plan* Israel Alba

<b>Objek</b>	<b>Fungsi Bangunan</b>	<b>Ruang</b>	<b>Konsep Bangunan</b>
<i>Waste Treatment Plan</i> Israel Alba	a. Bangunan ini dibuat untuk meneliti dan mengelola sampah.	<b>Lantai GF</b> ( <i>Ground Floor</i> ) Area plaza	a. Bangunan disesuaikan dengan lingkungan sekitar.
	b. Bangunan ini dibuat dengan tujuan untuk menghapuskan konotasi negatif dan fasilitas edukasi untuk memperkenalkan potensi energi yang berasal dari sampah.	<b>Lantai 1 – 3</b> <i>Laboratory, workshop, storage</i>	b. Bangunan juga disesuaikan dengan topografi dan warna pada lingkungan sebelum dibangun.
	c. Bangunan publik.	<b>Lantai 4</b> <i>Educative center &amp; Visitor center, Roof Access, ada area biofilters, main process building</i>	c. Membangun sebuah hubungan antara <i>landscape</i> dan teknologi.

### 2.6.2 *Sustainism Lab, Bali*

Salah satu sumber sampah adalah aktivitas pariwisata. *Potato Head* merupakan sebuah *beach club* jaringan internasional di Pantai Seminyak, Kuta. *Beach club* ini membuat sebuah laboratorium pengelolaan sampah sendiri, yaitu *Sustainism Lab*. *Club* populer yang didatangi ratusan orang tiap hari ini menghasilkan lebih dari 40 ton sampah per bulan. Menurut Dewa Legawa, Eco Champion *Potato Head*, hal tersebut bisa setara dengan satu dusun.<sup>51</sup>

Di sebuah ruang mirip galeri kecil ini, dipamerkan alat-alat pengolah sampah seperti pencacah plastik, pencetak, dan lainnya. Ada juga hasilnya seperti batu bata campuran

<sup>51</sup> SAHRUL YUNIZAR, “Beach Club Pemilik Lab Daur Ulang Sampah,” *Jawa Pos*, last modified 2020, <https://www.jawapos.com/features/21/02/2020/beach-club-pemilik-lab-daur-ulang-sampah/>.

bijih plastik dan pasir. Kemudian wadah bergradasi warna dari daur ulang tutup botol dan plastik yang dipanaskan lalu dicetak jadi plat. Plat inilah jadi bahan baku aneka wadah seperti wadah *shampo*, sabun, dan lainnya.



**Gambar 2.22** Ruang alat pengelolaan sampah  
*Sumber: goodnewsfromindonesia.id, 2021*

Sisa sampah dari klub 10% ke TPA, misalnya tisu dan aluminium foil yang tak bisa diolah. Di kawasan *Potato Head* tersebut terdapat contoh sampah-sampah dari sejumlah restoran dan hotel. Ada sisa makanan seperti buah dan sayur, kertas, tisu, *tetrapack*, botol kaca, plastik aneka jenis, dan lainnya.

Dari sisa sampah yang terpilah ini, diatur mana yang bisa didaur ulang sendiri, yang harus dibawa ke tempat lain seperti *tetrapack*, atau langsung diambil pengepul. Terutama sisa makanan organik, perusahaan sudah punya kerjasama dengan pengumpul limbah organik untuk pakan ternak.

Plastik PET (Polyethylene Therephthalate) juga dikirim ke pengepul yang akan membawa ke Surabaya karena tak bisa didaur ulang. Bungkus rokok dan *tetrapack* susah dipisahkan

karena multilayer, berlapis-lapis dari kertas, aluminum foil, dan lainnya. *Tetrapack* punya unit *recycle* yang siap menampung.

Kunci dari pengelolaan sampah ini ialah pemisahan sampah. Jika sudah dipisahkan, maka mudah dikelola. *Sustainism Lab* ini merupakan ruang uji coba dan belajar pekerja dan perusahaan untuk mengenal sampah sendiri. Ada tekad membuat sejumlah material dari daur ulang untuk digunakan lagi.



**Gambar 2.23** Hasil karya yang telah diolah  
*Sumber: goodnewsfromindonesia.id, 2021.*

Contoh proyek pengelolaan sampah pertama adalah membuat batu bata. Targetnya sekitar 400 ribu batu bata akan dicetak dari daur ulang plastik label botol kemasan dan kresek LDPE (*Low Density Polyethylene*) yang dicampur pasir. Satu buah *brick* perlu 1 kg plastik. Kekuatan material tersebut setara dengan *paving block* dan akan digunakan untuk hotel baru *Potato Head*.

Contoh berikutnya ialah pengolahan tutup plastik botol dengan cara dicacah, oven 30 menit di alat khusus, lalu cetak jadi lempengan. Sisa *styrofoam* rencananya dicacah lalu campur semen dan pasir untuk jadi materi peredam suara di *night club*. Ada juga sisa restoran seperti cangkang kerang yang akan diolah sebagai dekorasi.

Upaya pengelolaan sampah juga mendorong sejumlah peraturan bagi pengunjung, misalnya pengurangan kresek dengan melarang tamu membawa material sekali pakai (single use). Selain itu meminta penyedia logistik mengurangi pemakaian plastik dalam kemasan atau bungkusnya.

Selain *Sustainism Lab*, perusahaan yang berada di pinggir pantai Seminyak, Kuta, Bali ini membuat sejumlah instalasi seni bekerja sama dengan seniman. Ada ratusan jendela kayu bekas etnik menarik perhatian pengunjung di bangunan utama. Laboratorium ini merupakan desain karya arsitek Indonesia, yaitu Andra Martin.

Ada rangkaian ombak dari sekitar 5000 sandal jepit bekas, didapatkan dari limbah di pantai. Seniman kelahiran Jerman, Liina Klauss membawa sampah laut ini ke darat dan mengubahnya jadi karya seni agar bisa jadi refleksi bagi manusia. Berjudul “5000 Soles”, karya visual ini sangat menonjol di depan pintu masuk dan seolah jadi bagian dari arsitektur bangunan dengan fasad jendela-jendela kayu tadi.



**Gambar 2.24** Fasad Bangunan  
*Sumber: goodnewsfromindonesia.id, 2021.*

Sampah sandal jepit ini dikelompokkan sesuai warnanya kemudian dirangkai seperti gradasi pelangi. Ada putih, merah muda, biru muda, hijau, kuning, hitam, dan lainnya. Semua warna bergradasi karena warna sandal tak sama, juga memudar dikikis air asin atau air sungai.<sup>52</sup>

**Tabel 2.5** Kesimpulan Hasil Studi Preseden *Sustainism Lab*

<b>Objek</b>	<b>Fungsi Bangunan</b>	<b>Ruang</b>	<b>Konsep Bangunan</b>
<i>Sustainism Lab</i>	<p>a. Bangunan ini dibuat untuk mengelola sampah, menampilkan hasil karya daur ulang, dan belajar mengenai sampah.</p> <p>b. Bangunan ini dibuat dengan tujuan untuk membantu mengurangi sampah yang ada di kawasan Pantai Seminyak, Bali, khususnya kawasan <i>Potato Head</i>.</p> <p>c. Bangunan ini juga merupakan tempat uji coba dan belajar para pekerja dan perusahaan untuk mengenal sampah sendiri.</p>	<p>a. Mini galeri</p> <p>b. <i>Workshop</i></p> <p>c. Daur ulang</p> <p>d. Pemilahan sampah</p> <p>e. Kantor</p> <p>f. <i>Hall</i></p>	<p>a. Fasad di desain dengan bentuk rangkaian ombak yang dibuat dari 5000 sandal jepit bekas, yang didapatkan dari sampah di kawasan pantai. Sampah sandal jepit dikelompokkan sesuai warnanya kemudian dirangkai seperti gradasi pelangi (putih, <i>pink</i>, biru muda, hijau, kuning, dll).</p> <p>b. Pada bagian fasad juga terdapat jendela-jendela dan bukaan, hal tersebut memudahkan cahaya dan udara untuk masuk ke dalam bangunan.</p> <p>c. Dari fasad sampai interior bangunan semuanya dominan berwarna abu-abu.</p>

<sup>52</sup> Vita Ayu Anggraeni, "Sustainism Lab, Cara Trendi Kelola Sampah Sendiri Di Bali," *Good News*, last modified 2019, <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2019/04/14/sustainism-lab-cara-trendi-kelola-sampah-sendiri-di-bali>.

## 2.7 Keluaran Hasil Studi Preseden dan Studi Banding

**Tabel 2.6 Analisis Hasil Studi Preseden Dan Studi Banding**

NO.	Nama Bangunan	Visual dan Fasilitas	Kelebihan	Kekurangan	Elemen Arsitektur Daur Ulang
1.	<i>Rioglass Solar Production Plant, Lena, Spain</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan ini dibuat untuk mengelola panel surya.</li> <li>▪ Bangunan ini merupakan salah satu pabrik tradisional.</li> <li>▪ Ruang yang ada di bangunan ini salah satunya: ruang untuk panel surya, kantor, elektrikal dan mekanikal,dll.</li> <li>▪ Bangunan ini terdiri satu lantai, namun memiliki kawasan site yang luas karena dipakai untuk memproduksi panel – panel surya.</li> <li>▪ Bangunan ini menggunakan warna – warna yang sesuai dengan keadaan sekitar seperti warna putih, merah, hijau, kuning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan ini tidak memiliki banyak sekat sehingga memudahkan sirkulasi para pekerja untuk melakukan kegiatan memproduksi panel – panel.</li> <li>▪ Bangunan tetap terlihat terang meskipun tidak menggunakan lampu.</li> <li>▪ Site jauh dari permukiman warga sehingga tidak mengganggu aktivitas warga sekitar.</li> <li>▪ Material yang dibuat untuk bangunan dibuat sendiri sehingga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Area site sangat panas</li> <li>▪ Terdapat beberapa fasilitas serta fitur yang tidak bisa diakses oleh umum.</li> <li>▪ Material untuk bangunan dibuat sendiri jadi membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses pembuatannya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dinding kaca dengan bukaan lebar diseluruh ruangan sehingga mendapat cahaya alami.</li> <li>▪ Memanfaatkan energi matahari melalui panel surya yang dibuat dan dipasang di area site.</li> <li>▪ Limbah yang dihasilkan di minimalisir melalui penggunaan bahan tahan lama sertasistem daur ulang, hal tersebut dapat membuat limbah yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.</li> </ul>

			dapat menghemat biaya		
2.	<i>The EcoARK, Taiwan</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan ini berfungsi untuk galeri dan festival daerah Taiwan</li> <li>▪ Bangunan ini memiliki ruang <i>amphitheatre, exhibition, maintenance</i>, dsb.</li> <li>▪ Menggunakan material daur ulang pada setiap fasadnya, yaitu botol plastik PET bekas.</li> <li>▪ Susunan botol plastik pada fasad mirip susunan bata.</li> <li>▪ Bangunan ini termasuk bangunan teringan dan bangunan dengan struktur botol pertama didunia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan terletak di pusat kota sehingga memiliki akses transportasi yang sangat mudah untuk dikunjungi.</li> <li>▪ Termasuk bangunan yang <i>low energy</i>.</li> <li>▪ Material bangunannya banyak menggunakan material daur ulang sehingga dapat menghemat energi dan biaya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Membutuhkan proses yang lumayan panjang untuk mengumpulkan dan mengolah kembali botol plastik PET menjadi botol yang memiliki sama bentuk.</li> <li>▪ Membutuhkan perawatan khusus untuk setiap material daur ulangnya sehingga dalam memasang dan merancangya harus diperhatikan dengan detail.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menggunakan panel surya untuk sistem jaringan listrik.</li> <li>▪ Menggunakan material daur ulang untuk fasad bangunannya, yaitu botol plastik PET bekas.</li> <li>▪ Menggunakan <i>screen waterfall</i> untuk membantu penyejukan bangunan.</li> <li>▪ Menggunakan bukaan yang lebar untuk penghawaan alami.</li> </ul>
3.	<i>Waste Treatment Plant Israel Alba</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan ini dibuat dengan tujuan untuk menghapuskan konotasi negatif dan fasilitas edukasi untuk memperkenalkan potensi energi yang berasal dari sampah.</li> <li>▪ Fasad bangunan dominan berwarna putih sehingga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Memiliki fasilitas yang ebbas untuk dikunjungi</li> <li>▪ Memiliki zonasi yang baik, (pembagian daerah setiap ruangan tertata baik).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Warna yang digunakan pada bangunan adalah warna putih sehingga membuat bangunan terkesan monoton.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bangunan disesuaikan dengan lingkungan sekitar.</li> <li>▪ Bangunan juga disesuaikan dengan topografi dan warna pada lingkungan sebelum dibangun.</li> </ul>

		<p>memberikan kesna bersih, tenang, dan nyaman.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Memiliki bukaan yang lebar pada setiap bangunannya.</li> <li>Memiliki ruang: <b>Lantai GF</b> (<i>Ground Floor</i>) area plaza, <b>Lantai 1 – 3 Laboratory, workshop, storage, Lantai 4 Educative center &amp; Visitor center, Roof Access</b>, ada area <i>biofilters, main process building</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Memiliki rooftop yang cukup luas sehingga dapat dimanfaatkan untuk ruang terbuka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harus membuat sistem penyaring udara yang baik karena bangunan ini mengelola sampah dan bangunan dikunjungi oleh pengunjung (umum) sehingga membutuhkan perawatan dan biaya yang cukup besar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membangun sebuah hubungan antara <i>landscape</i> dan teknologi.</li> </ul>
4.	<i>Sustainism Lab</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bangunan memiliki ruangan: Mini galeri, <i>Workshop</i>, Daur ulang, Pemilahan sampah, Kantor, Hall, dan ruang lainnya.</li> <li>Bangunan memiliki warna dominan abu-abu muda sehingga memberikan kesan teduh.</li> <li>Memiliki bukaan yang cukup lebar sehingga memudahkan cahaya dan udara untuk masuk ke dalam bangunan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interior dan eksterior bangunan didominasi material daur ulang yang dikelola sendiri oleh pihak <i>Sustainism Lab</i> dan penduduk Desa Potato</li> <li>Memiliki ruang terbuka yang luas sehingga dapat melakukan aktivitas atau acara-acara bersama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membutuhkan proses yang panjang untuk mengolah bahan – bahan daur ulang sampah untuk menjadi material – material yang akan digunakan untuk bangunan dan semua karya yang ada di <i>Sustainism Lab</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fasad di desain dengan bentuk rangkaian ombak yang dibuat dari 5000 sandal jepit bekas, yang didapatkan dari sampah di kawasan pantai. Sampah sandal jepit dikelompokkan sesuai warnanya kemudian dirangkai seperti gradasi pelangi (putih, <i>pink</i>, biru muda, hijau, kuning, dll). Hal ini dapat menghemat biaya.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Meningkatkan perekonomian penduduk sekitar khususnya yang tinggal di Desa Potato karena yang bekerja di kawasan tersebut sebagian penduduk Desa Potato</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pada bagian fasad juga terdapat jendela-jendela dan bukaan, hal tersebut memudahkan cahaya dan udara untuk masuk ke dalam bangunan karena dalam melakukan setiap aktivitas seperti mendaur ulang sampah, memilah, dan sebagainya membutuhkan cahaya yang cukup.</li> </ul>
--	--	--	--	--	---

## **BAB III**

### **METODE PERANCANGAN**

#### **3.1 Ide Perancangan**

Berikut ini adalah ide/ gagasan perancangan yang ingin penulis wujudkan melalui penulisan daperaan bangunan fasilitas pengelolaan sampah terpadu sebagai judul tugas akhir:

1. Pengetahuan dan kesadaran masyarakat terkait pentingnya edukasi lingkungan khususnya mengenai sampah yang masih minim.
2. Kondisi sarana dan prasarana mengenai sampah di Kota Bandar Lampung yang minim dan kurang terkelola dengan baik sehingga timbul rasa enggan untuk mempelajari dan mengelola sampah dengan baik.
3. Pengadaan sarana atau tempat untuk meneliti dan mengelola sampah di Bandar Lampung yang masih sedikit.
4. Meningkatnya jumlah sampah yang ada di Kota Bandar Lampung setiap tahunnya (Tempat Pembuangan Akhir).
5. Kondisi lingkungan sekitar TPA Bakung yang kurang baik dan pesisir teluk yang sudah mulai tercemar akibat sampah – sampah yang dibuang ke sungai.

#### **3.2 Pendekatan Perancangan**

Fasilitas pengelolaan sampah terpadu merupakan pusat kegiatan di suatu daerah atau wilayah untuk meneliti, mengelola, mendaur ulang sampah, pameran, dan mempelajari lingkungan khususnya mengenai sampah dalam menggali informasi, kegiatan belajar atau edukasi, dan penelitian Indonesia merupakan daerah beriklim tropis panas lembap sehingga curah hujan, kelembapan udara dan suhu yang dihasilkan hampir selalu tinggi. Angin sedikit bertiup dengan arah yang berlawanan pada musim hujan dan kemarau, radiasi matahari sedang dan pertukaran panas kecil karena kelembapan udara tinggi. Secara garis besar, bangunan gedung pada iklim tropis membutuhkan perlindungan terhadap radiasi matahari, hujan, serangga, dan di pesisir pantai memerlukan perlindungan terhadap angin. Arsitektur daur ulang dapat beradaptasi dengan keadaan iklim tersebut seperti memperhatikan keseimbangan lingkungan alam dan lingkungan buatan dengan unsur utama

manusia, bangunan dan lingkungan. Perancangan fasilitas pengelolaan sampah terpadu berkonsep Arsitektur Daur Ulang adalah perencanaan yang bertujuan mendesain sistem yang dapat menjaga simbiosis lingkungan dalam bangunan atau kawasan sehingga tidak membebani siklus alami, mengutamakan kenyamanan dan kesehatan dari pengguna bangunan, dan dapat mencapai salah satu tujuan dari *Sustainable Development* yaitu dengan penggunaan energi dan bahan baku seminimal mungkin.

### **3.3 Metode Pengumpulan Data**

#### **3.3.1 Data Primer**

Data primer ini diperoleh dari hasil pengamatan langsung oleh penulis dengan obyek yang berkaitan dengan sampah. Hal ini diperlukan untuk dapat mengamati dan merasakan segala sesuatu secara langsung yang ada di dalamnya.

1. Observasi

Observasi juga digunakan untuk merekam berbagai fenomena yang terjadi seperti situasi dan kondisi.

2. Dokumentasi

Metode dokumentasi ini merupakan pendukung dalam proses penyusunan laporan ini. Diawali dengan menghimpun, memilih-milih dan mengkategorikan sesuai dengan tujuan penelitian. Kemudian menerangkan, menafsirkan dan mencatat serta menghubungkan dengan fenomena yang lain dengan tujuan untuk memperkuat status data.

#### **3.3.2 Data Sekunder**

1. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan metode pengumpulan data yang berasal dari kegiatan kepastakaan seperti membaca buku, jurnal, majalah, hasil dari

penelitian yang terdahulu, dan sebagainya dimana berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

### **3.4 Analisis Perancangan**

Analisis adalah penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan. Analisis perancangan meliputi:

1. Analisa Makro

Analisis makro merupakan analisa yang dilakukan penulis secara garis besar (luas) pada Provinsi Lampung

2. Analisa Meso

Analisa meso merupakan analisa yang penulis lakukan pada Kota Bandar Lampung.

3. Analisa Perancangan

a. Pemilihan lokasi perancangan sesuai dengan kriteria perancangan

b. Gambaran.Umum Lokasi Tapak.

c. Detail.tapak.

d. Analisa tapak, meliputi:

1) Topografi

2) Aksesibilitas

3) Sirkulasi.

4) *View*

5) Angin

6) Matahari

7) Vegetasi

8) Kebisingan dan kemacetan

9) Angin

4. Analisa Fungsi

Analisis.fungsi digunakan untuk mengetahui fungsi - fungsi yang akan diwadahi oleh. pusat seni dan budaya.

5. Analisa.Pengguna

Analisis pengguna diperlukan untuk memaparkan aktifitas yang dilakukan oleh pengguna pada. Bangunan.

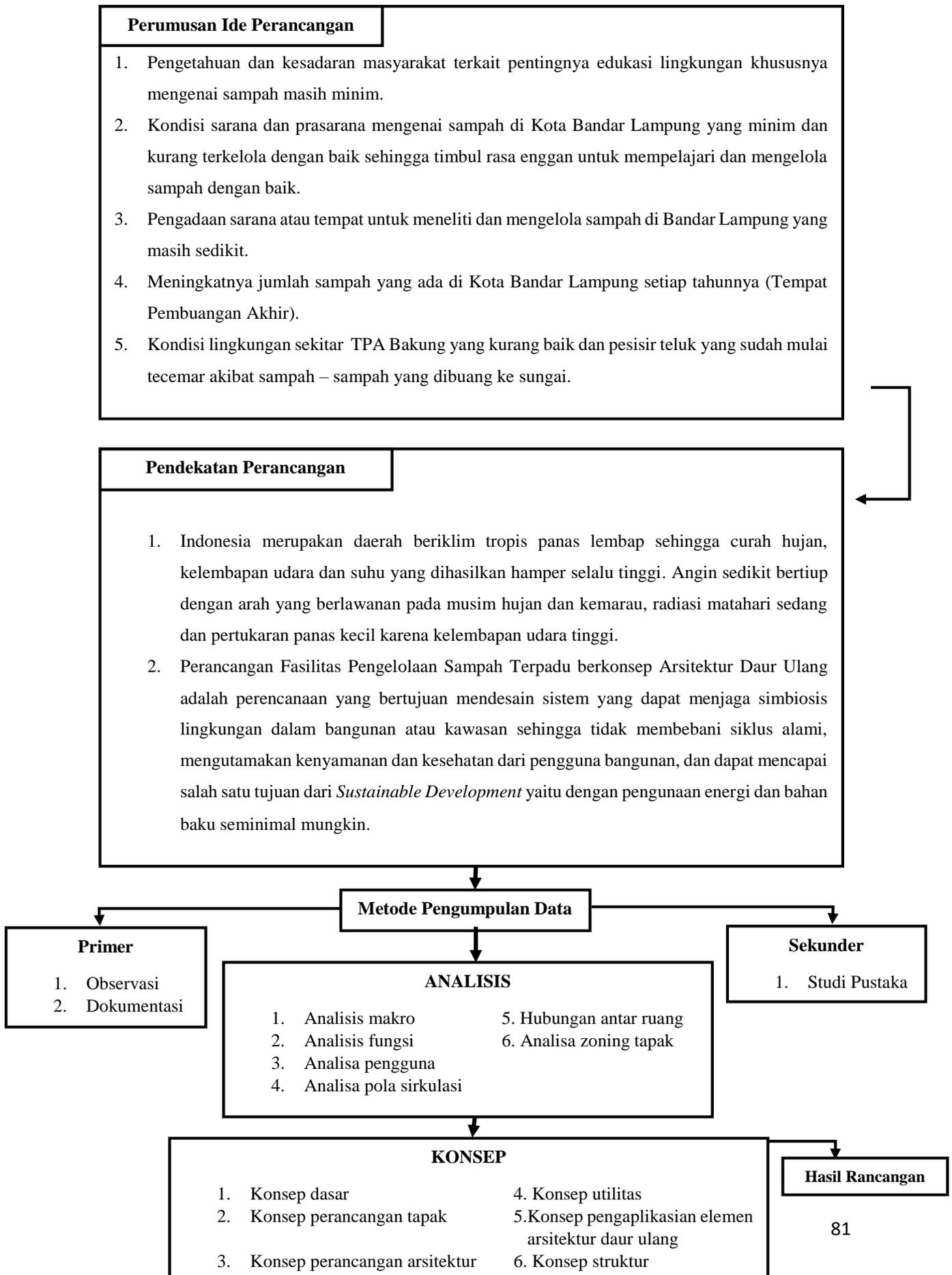
6. Analisa Pola Sirkulasi.
7. Analisa Ruang

### **3.5 Konsep Perancangan**

Selanjutnya akan muncul sebuah konsep perancangan. yang berisi tentang desain yang paling sesuai dengan lokasi, obyek, dan tema rancangan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan Pendekatan Arsitektur Daur Ulang.

1. Konsep.Dasar
2. Konsep.Perancangan Tapak meliputi .konsep pencapaian dan sirkulasi, konsep tata masa, dan konsep tata hijau.
3. Konsep perancangan arsitektur. meliputi konsep.gubahan massa.
4. Konsep Pengaplikasian Elemen Arsitektur Daur Ulang.
5. Konsep.sistem.struktur.
6. Konsep.utilitas meliputi sistem sanitasi dan plumbing, sistem air kotor, sistem kelistrikan, sistem keamanan.

### 3.6 Alur Perancangan



## **BAB VII PENUTUP**

### **7.1 Kesimpulan**

Berikut ini adalah kesimpulan yang didapat dari hasil penyusunan Laporan Persiapan Tugas Akhir yang berjudul “Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu dengan Pendekatan Arsitektur Daur Ulang di Bandar Lampung” yang dibuat penulis :

1. Dalam menangani persoalan sampah yang setiap saat terus bertambah volumenya, dibutuhkan suatu wadah yang mampu secara mandiri mengelola sampah yang dihasilkan oleh penduduk Kota Bandar Lampung serta meningkatkan nilai ekonomis bahan buangan sekaligus menghindari penurunan kualitas lingkungan akibat aktivitas pengolahan sampah.
2. Konteks desain yang diambil adalah memberdayakan suatu produk buangan seperti sampah hingga menjadi sesuatu yang dapat digunakan kembali seperti prinsip 3R; *Reduce, reuse, recycle*. Maka objek desain yang dibutuhkan adalah sebuah fasilitas pengolahan sampah terpadu yang bisa memberdayakan sampah menjadi bernilai ekonomis.
3. Dengan membuat sebuah karya arsitektural (fasilitas pengelolaan sampah terpadu) masyarakat tertarik untuk datang ke fasilitas pengolahan sampah terpadu dan dapat lebih tertarik lagi dalam hal pengelolaan dan pengolahan sampah.

Dengan demikian, pembangunan Fasilitas Pengelolaan Sampah Terpadu di Kota Bandar Lampung ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan yang diharapkan oleh masyarakat Kota Bandar Lampung.

## **7.2 Saran**

Berdasarkan dari hasil beberapa proses yang telah dilakukan selama penyusunan. Penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Dalam penelitian selanjutnya lebih mempersiapkan diri khususnya dalam pengambilan dan pengumpulan data supaya bisa mendapatkan hasil data yang optimal.
2. Penelitian mengenai material daur ulang mungkin hal yang baru dan jauh dari kesempurnaan. Tetapi kita harus menyadari bahwa pengetahuan dan kesadaran untuk menggunakan material yang masih layak digunakan merupakan salah satu cara kita untuk turut serta menjaga lingkungan. Oleh sebab itu, diharapkan semakin banyak penelitian yang mengangkat tema mengenai arsitektur daur ulang, *eco*, *green*, maupun lainnya supaya semakin banyak orang dapat berpartisipasi untuk membantu alam melalui bangunannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryono, Sidik. "Walhi: Kondisi Ekologis Kota Bandar Lampung Semakin Memprihatinkan." *Lampung Geh*. Last modified 2020. Accessed January 9, 2020. <https://kumparan.com/lampunggeh/walhi-kondisi-ekologis-kota-bandar-lampung-semakin-memprihatinkan-1sf08KoUyAW/full>.
- Deta Citrawan. "175 Armada Kebersihan Di Bandar Lampung Masih Beroperasi, 31 Rusak Parah." *Lampost.Co*. Last modified 2020. Accessed March 18, 2021. <https://m.lampost.co/berita-175-armada-kebersihan-di-bandar-lampung-masih-beroperasi-31-rusak-parah.html>.
- Jones, Dave. "Policy Paper" (2012): 12.
- Nugraha, Derri. "Sampah, Sumber Segala Masalah Lingkungan Di Teluk Lampung." *Mongabay*. Last modified 2020. Accessed January 9, 2020. <https://www.mongabay.co.id/2020/12/09/sampah-sumber-segala-masalah-lingkungan-di-teluk-lampung/>.
- adminaksansi. "Sampahmu, Tanggung Jawabmu!" *AKSANSI*. Last modified 2019. [https://aksansi.org/sampahmu-tanggung-jawabmu/#:~:text=Menurut WHO \(World Health Organization,kertas%2C dan lain-lain](https://aksansi.org/sampahmu-tanggung-jawabmu/#:~:text=Menurut WHO (World Health Organization,kertas%2C dan lain-lain).
- Adytya, Billy. "11 Jenis Jenis Sampah Berdasarkan Sifat, Bentuk Dan Sumbernya." *Merdeka.Com*. Last modified 2020. <https://www.merdeka.com/trending/11-jenis-jenis-sampah-berdasarkan-sifat-bentuk-dan-sumbernya-klm.html>.
- Ajrina, Fadiah Izzah, Husna Tiara Putri, and Sri Maryati. "BERDASARKAN SUDUT PANDANG PEMERINTAH" (2007).
- Damaiyanto, Ingkondo. "Recycle Dalam Aplikasi Material Pada Bangunan" (2007).
- David, Melinda Powelson. *The Recycler's Manual for Business, Government, and the Environmental Community*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- E, Damanhuri. *Diktat Pengelolaan Sampah*. Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB), 2010.
- Fandy, Tjiptono. *Perspektif Manajemen Dan Pemasaran Kontemporer*. Yogyakarta: Andi Offset, 2000.
- Gauzin-Muller, Dominique. *Sustainable Architecture and Urbanism*. Lombarda: Birkhauser, 2002.
- Graham, Peter. *Building Ecology*. Oxford: Blackwell Science, 2003.
- Kardono. "Integrated Solid Waste Management in Indonesia." *Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science*, no. ISETS07: 629-633 (2007).

- Lingkungan, Menteri, Hidup Dan, and Kehutanan Republik. "No Title" (2020).
- No, Dalam Undang-undang, and Pengelolaan Sampah. "2.1. Pengertian" 2, no. 18 (2008): 1–14.
- P dan G. Amstrong, Kotler. *Dasar-Dasar Manajemen Pemasaran 1*. PT. Prenhallindo, 1997.
- SAHRUL YUNIZAR. "Beach Club Pemilik Lab Daur Ulang Sampah." *Jawa Pos*. Last modified 2020. <https://www.jawapos.com/features/21/02/2020/beach-club-pemilik-lab-daur-ulang-sampah/>.
- Widyatama &Suprpty. "Bab II Landasan Teori." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53, no. 9 (2018): 1689–1699.
- "Green Building." Accessed January 16, 2022. [www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/](http://www.ciwmb.ca.gov/greenbuilding/).
- "Kamus Besar Bahasa Indonesia." Accessed January 20, 2022. <https://kbbi.web.id/padu>.
- "No Title." *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*. <https://kbbi.web.id/kelola>.
- Oxford Learner's Pocket Dictionary*. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- "The EcoARK." *Inhabitat*. Last modified 2017. Accessed February 28, 2022. <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/>.
- "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH" (n.d.). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008>.