

---

## INOVASI SAMPAH BOTOL KACA SEBAGAI MATERIAL KACA PADA ELEMEN FASAD CAFEMOTO DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

---

**Khalda Fajri Utami**

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
d300200141@student.ums.ac.id

**Dhani Mutiari**

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
dhani.mutiari@ums.ac.id

### ABSTRAK

*Sampah merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan lingkungan yang berasal dari perilaku manusia yang terus meningkat terhadap benda konsumsi. Sampah botol kaca merupakan sampah nomor 1 paling sulit terurai hingga lebih dari 1 juta tahun. Sampah botol kaca di Karanganyar meningkat dari tahun sebelumnya sebesar 1%, sampah botol kaca banyak dihasilkan oleh limbah rumah tangga. Oleh karena itu permasalahan botol kaca dapat diselesaikan dengan prinsip 3R yaitu reduce, reuse dan recycle yang mempunyai nilai guna dan bermanfaat bagi lingkungan sosial. Penelitian difokuskan pada proses reuse dan recycle sampah botol kaca menjadi material fasad bangunan, sehingga ditinjau lebih jauh apakah material tersebut sesuai dengan prinsip material arsitektur berkelanjutan yang ramah bagi lingkungan, memiliki nilai estetika pada desain bangunan dan juga harga yang menjadi faktor ekonomi. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode gabungan antara metode kualitatif untuk data dan metode kuantitatif untuk menghitung harga AHSP yang kemudian dikaji dengan membandingkan hasil penelitian beberapa material. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa material reuse botol kaca dan kaca recycle adalah material yang paling efektif. Dua material ini paling sesuai dengan prinsip material arsitektur berkelanjutan sehingga selaras dengan konsep bangunan Cafemoto dan memiliki nilai estetika yang unik sebagai bangunan komersial yang dapat menarik minat pelanggan sebagai investasi jangka panjang.*

### KEYWORDS :

sampah; botol kaca; 3r (reduce, reuse, recycle); arsitektur berkelanjutan

---

### PENDAHULUAN

Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Berdasarkan hasil dari penginputan data yang dilakukan oleh 307 Kabupaten/kota se-Indonesia pada tahun 2022, terdapat 35.925.892 ton sampah yang dihasilkan dimana 62,54% sampah yang sudah terkelola dan tersisa 37,46% sampah yang belum terkelola. Komposisi sampah berdasarkan jenis sampah yaitu 40.6% Sisa

Makanan, 13% Kayu/Ranting/Daun, 11% Kertas/Karton, 18,1% Plastik, 2,1% Karet/Kulit, 2,6% Kain, 2,2% Kaca, 3% Logam, dan 7,1% Lainnya. Melansir laman *Science Focus*, botol kaca menjadi sampah yang paling lama terurai, karena memakan waktu hingga lebih dari 1 juta tahun, disusul *Styrofoam* 1 juta tahun dan sampah plastik 500 tahun.

Sampah botol kaca merupakan masalah serius yang dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat, terutama di kota – kota besar seperti Karanganyar. Karanganyar merupakan

kabupaten dari provinsi Jawa Tengah yang menghasilkan sampah sebanyak 137.066 ton atau sebanyak 0,4% dari total sampah di Indonesia pada tahun 2022. Sampah botol kaca yang dihasilkan Kabupaten Karanganyar sebanyak 3% atau 4.112 ton. Sampah botol kaca kebanyakan bersumber dari sampah rumah tangga dan fasilitas publik. Hal ini dikarenakan banyaknya penggunaan material kaca pada kemasan botol kecap, saus, minuman dan selai.

Pemanfaatan botol kaca sebagai benda bernilai guna, akan menghasilkan produk yang tidak mudah hancur dan menjadi lebih bermanfaat bagi lingkungan dan sosial. Oleh karena itu permasalahan botol kaca dapat diselesaikan dengan proses daur ulang menjadi produk baru yang mempunyai nilai guna. Contoh hasil dari daur ulang sampah botol kaca seperti, Lampu dinding, Vas, Cermin, Kaca Jendela, Partisi, Mozaik, Kaca patri, dan bahan campuran beton.

Arsitektur berkelanjutan merupakan isu yang sangat penting saat ini dan diterapkan secara luas dalam konstruksi ataupun fasad bangunan. Menurut *Zero Waste* Indonesia yang mempunyai peran untuk mengevaluasi dampak negatif gaya hidup manusia terhadap lingkungan, menyatakan bahwa desain berkelanjutan bertujuan untuk mengurangi dampak negatif sampah, memaksimalkan penggunaan sumber energi baru, dan meminimalkan penggunaan bahan berbahaya bagi lingkungan, serta faktor yang melatarbelakangi proses pembuatannya.

Pemilihan material botol kaca bekas menjadi pertimbangan utama dalam penelitian sampah botol kaca sebagai material fasad bangunan, karena dapat mengurangi permasalahan sampah nomor satu paling sulit terurai dan selaras dengan konsep arsitektur berkelanjutan yang diterapkan pada Cafemoto.

Tujuan penelitian ini difokuskan pada pengembangan inovasi baru terkait penggunaan material sampah botol kaca sebagai elemen fasad bangunan. Sehingga ditinjau lebih jauh apakah material tersebut sesuai dengan prinsip material arsitektur berkelanjutan yang ramah lingkungan, memiliki nilai estetika pada bangunan dan juga harga yang menjadi faktor ekonomi. Serta

meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat untuk mengurangi limbah dan memilih untuk menggunakan material yang berkelanjutan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Sampah

Menurut BPK RI dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, yang dimaksud dengan sampah merupakan sisa kegiatan manusia sehari-hari/proses alam yang berbentuk padat/semi padat yang berupa zat organik/anorganik yang bersifat dapat terurai/ tidak dapat terurai dan sudah tidak bermanfaat dan dibuang ke lingkungan. Berdasarkan kemampuan untuk terurainya, maka sampah dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. *Biodegradable*; adalah sampah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob maupun anaerob seperti sampah dapur, sisa-sisa hewan, sampah pertanian, dan perkebunan.
2. *Non-biodegradable*; adalah sampah yang tidak bisa /sukar (membutuhkan waktu bertahun-tahun) untuk diuraikan oleh proses biologi. Sampah jenis ini dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:
  - a. *Recyclable*: adalah sampah yang dapat diolah dan digunakan kembali karena masih memiliki nilai ekonomis seperti sampah plastik, kaca, kertas, kain dll.
  - b. *Non-recyclable*: adalah sampah yang tidak memiliki nilai ekonomis dan tidak dapat diolah seperti *tetra packs*, *carbon paper*, *thermos coal*.

### Kemasan Botol Kaca

Dari penjabaran mengenai sampah sebelumnya, maka kemasan botol kaca termasuk ke dalam kategori sampah bila sudah tidak terpakai lagi. Pengertian umum kemasan adalah suatu benda yang digunakan sebagai wadah atau tempat dan dapat memberikan perlindungan tergantung tujuannya. Kehadiran kemasan membantu mencegah/mengurangi kerusakan serta melindungi material internal dari kontaminasi dan gangguan fisik seperti gesekan, guncangan, dan getaran. Dari sudut pandang periklanan, kemasan berperan sebagai insentif/daya tarik bagi pembeli.

Kaca merupakan benda dengan bahan transparan, padat, dan biasanya bukan bahan aktif biologis sehingga tidak bereaksi dengan bahan kimia dan dapat membentuk permukaan yang sangat halus dan tahan air. Kaca banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan karena sifatnya yang ideal. Namun, kaca bisa pecah menjadi potongan-potongan tajam. Sifat-sifat kaca ini dapat dimodifikasi dan bahkan diubah keseluruhan melalui proses kimia dan pemanasan.

Kemasan botol kaca merupakan wadah atau wadah penyimpanan yang memiliki leher lebih sempit dari badan botol dan mulutnya dari bahan kaca. Botol kaca merupakan salah satu produk industri yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, seperti wadah minuman dan wadah bumbu masakan. Oleh karena itu kemasan botol kaca ini diproduksi secara massal (Meilita, 2015).

### 3R (*Reduce, Recycle, Reuse*)

Pengelolaan sampah yang baik merupakan salah satu cara penting untuk menjaga lingkungan tetap bersih dan sehat. Prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) efektif dalam pengolahan sampah. Prinsip ini bertujuan untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dan menggunakan kembali atau mendaur ulang sampah. Prinsip dari pengelolaan material 3R adalah *reduce, reuse, dan recycle*. *Reduce* berarti mengurangi sampah dan mencegahnya, sedangkan *reuse* berarti menggunakan kembali bahan-bahan yang sudah ada dengan fungsi yang sama atau berbeda, dan *recycle* berarti mengubah sampah menjadi produk baru (Arisona, 2018).

Pada pengelolaan sampah botol kaca difokuskan pada *Reuse* yaitu penggunaan kembali botol kaca dengan fungsi yang berbeda yaitu sebagai dinding/partisi fasad pada bangunan dan *Recycle* yaitu mengelola botol kaca untuk dijadikan cullet sebagai bahan baku utama pengganti pasir silika dalam pembuatan *float glass*.

### Kaca Datar/*Annealed*

Menurut Tamindo Glass (2019), Kaca *float* dikenal sebagai kaca datar atau kaca *annealed*

yang diproduksi dari pabrik. Nama "*float*" diberikan karena metode produksi kaca. Di seluruh dunia 90% kaca diproduksi dengan metode terapung. Menurut persyaratan, kaca *float* diproses untuk menghasilkan berbagai jenis kaca. Salah satu bahan utama pembuatan kaca adalah pasir silika. Oleh karena itu kaca memiliki sifat fisika tembus cahaya, serta bening karena didukung oleh bahan-bahan yang menunjang kaca menjadi produk yang banyak diminati orang.

*Float glass* memiliki permukaan yang transparan, rata, dan halus. Ini memiliki rona atau warna kehijauan alami. Kaca mampu mentransmisikan 87% dari cahaya yang datang di atasnya. Hal ini dapat dilapisi dengan oksida logam yang berbeda untuk menghasilkan kaca berwarna. Itu dapat menahan efek reaksi kimia dibawah kondisi lingkungan yang berbeda atau efek asam. Kaca *float* hadir dengan sedikit atau tanpa distorsi optik dan memberikan tampilan yang jelas, tidak seperti kaca lembaran.

### Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan merupakan pendekatan desain untuk merancang kualitas lingkungan binaan dengan maksimal dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan secara bersamaan. Arsitektur berkelanjutan bertujuan untuk menciptakan desain rancangan yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan dan manusia tanpa mengorbankan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya.

Menurut Ardiani (2015), terdapat sembilan prinsip dalam Arsitektur Berkelanjutan yaitu: ekologi perkotaan, strategi energi, pengelolaan air, pengelolaan limbah, material, komunitas lingkungan, strategi ekonomi, pelestarian budaya, dan manajemen operasional. Prinsip kelima adalah prinsip material yang menjadi fokus utama.

Terdapat 5 kriteria prinsip material untuk Arsitektur Berkelanjutan, yaitu:

1. Tahan lama dan tidak beracun sehingga tidak membahayakan pengguna
2. *Reuse* dan *Recycle*, yaitu mempertimbangkan pemanfaatan penggunaan secara berkelanjutan

- hingga masa pakai berakhir dan memiliki nilai estetika
3. Material sedikit memberikan emisi ke udara dalam pembuatan dan penggunaannya
  4. Mudah dibuat dan diperbaiki/dirawat
  5. *Renewability*, yaitu material yang bersumber dari sekitar untuk efisiensi biaya dan waktu transport

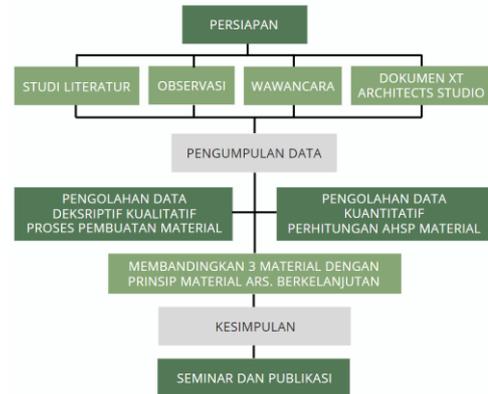
**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data, antara lain: observasi dan wawancara untuk mendapatkan data terkait sampah botol kaca di Karanganyar, Data arsip XT Architect Studio seputar proyek Cafemoto dan Studi Literatur dari jurnal, buku, dan internet untuk melengkapi dan memperkuat data-data dari hasil observasi, wawancara dan data arsip.

Metode kualitatif yang digunakan adalah Deskriptif Kualitatif yang merupakan metode penelitian yang menggunakan data kualitatif dan dijabarkan secara deskriptif. Metode ini dapat mengolah data dengan menggambarkan secara faktual berdasarkan kaidah ilmiah untuk memahami suatu fenomena sampah botol kaca sebagai material yang dapat digunakan kembali dan didaur ulang. Metode kuantitatif bertujuan untuk mengolah data dengan menghitung AHSP di Kab. Karanganyar sehingga dapat diketahui harga material kaca pada Cafemoto sebagai objek penelitian.

Yang kemudian dikaji dengan membandingkan beberapa material berdasarkan prinsip material arsitektur berkelanjutan, yaitu: material *non-toxic*, *reuse* dan *recycle* material, sedikit emisi yang dibuang ke udara, mudah dalam pemasangan dan perbaikan, serta bersumber dari lingkungan sekitar selain, dan juga harga yang menjadi faktor penting. Sehingga dapat ditarik kesimpulan penggunaan material yang memiliki efektivitas paling baik diterapkan sebagai material kaca pada fasad Cafemoto.

Berikut merupakan alur dari proses penelitian yang dilakukan peneliti dengan judul “Inovasi Sampah Botol Kaca Sebagai Material Kaca Pada Elemen Fasad Cafemoto Dengan Pendekatan Arsitektur Berkelanjutan”.



**Gambar 1. Alur Proses Penelitian**  
(Sumber: Dokumen Peneliti, 2023)

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN DATA**

**Profil Cafemoto**



**Gambar 2. Perspektif Render 3D EMC Office**  
(Dokumen XT Architects Studio, 2023)

Cafemoto merupakan salah satu bangunan di Kawasan EMC Office merupakan sebuah kantor terdiri atas 3 masa bangunan yang terdiri atas 2 lantai dan 1 lantai. Dari ketiga bangunan ini memiliki fungsi yang berbeda, yaitu: Pada Massa ke-1 (Cafemoto) berfungsi sebagai Cafe, Massa ke-2 sebagai Kantor *Event Organizer* dan Massa ke-3 sebagai Salon MUA.

Bangunan ini sudah menerapkan konsep arsitektur berkelanjutan dimana pada dinding menggunakan semen ekspos/*unfinished* yang meminimalkan energi yang terkandung dalam material sehingga mengurangi dampak terhadap lingkungan. Terdapat banyak bukaan ventilasi berupa lubang angin, jendela dan juga roster sehingga dapat memaksimalkan udara dan cahaya alami masuk ke dalam bangunan.

Hal tersebut dapat mengurangi kebutuhan lampu dan pendingin sehingga listrik menjadi lebih hemat. Selain itu, Cafemoto sudah menerapkan penggunaan panel surya yang diletakkan pada atap

Cafemoto sebagai pemasok listrik cadangan dengan energi terbarukan.

Karena pada Cafemoto banyak menggunakan material kaca pada fasad bangunannya peneliti ingin menyelaraskan konsep arsitektur berkelanjutan yang sudah diterapkan pada bangunan Cafemoto diterapkan juga pada material kacanya. Yaitu dengan menggunakan material fasad dari sampah botol kaca.

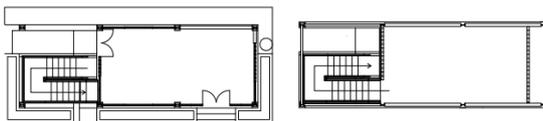
### Data Eksisting



Gambar 3. Site Plan EMC Office

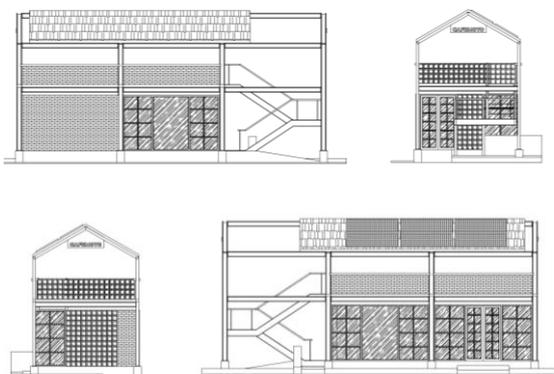
(Sumber: Dokumen XT Architects Studio, 2023)

EMC Office berlokasi di Jl. Sawahan Tengah, Jaten, Kec. Jaten, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Mempunyai lahan sebesar 642.728 m<sup>2</sup>. Pada masa ke-1 (Cafemoto) memiliki ukuran 6 x 13,8 m, masa ke-2 memiliki ukuran 10 x 5,5 m, dan pada masa ke-3 memiliki ukuran 3 x 9,5 m.



Gambar 4. Denah Lt. 1 dan 2 Cafemoto

(Sumber: Dokumen XT Architects Studio, 2023)



Gambar 5. Tampak Bangunan Cafemoto

(Sumber: Dokumen XT Architects Studio, 2023)

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Kaca Biasa

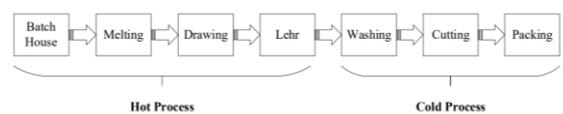
Kaca biasa/kaca lembaran adalah bahan yang banyak digunakan pada jendela bangunan dan penggunaan lainnya di industri properti. Di Indonesia terdapat beberapa Industri kaca besar diantaranya, yaitu: PT Asahimas Glass, PT Tossa Sakti dan PT Mulia Glass.

PT. Asahimas *Flat Glass* Tbk, merupakan perusahaan dibidang manufaktur kaca lembaran dan produk kaca turunannya. Perusahaan didirikan sejak tanggal 7 Oktober 1971 bekerjasama dengan PT. Roda Mas *Company Limited* dan *Asahi Glass Company Limited* kepunyaan Jepang.

Menurut Fachru (2021), tahap-tahap pada proses produksi kaca di PT Asahimas *Flat Glass* Tbk (Sidoarjo) sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan baku (*raw material section*)
2. Pencampuran bahan (*batch house*)
3. Peleburan (*melting process*)
4. Pembentukan (*drawing process*)
5. Penurunan suhu di dalam *lehr* (*annealing process*)
6. Pencucian (*washing process*)
7. Pemotongan (*cutting process*)
8. Pengemasan (*packing process*)

Proses produksi kaca di PT. Asahimas *Flat Glass* Tbk dibagi menjadi dua proses yaitu *hot process* dan *cold process*. *Hot process* terdiri dari *Batch house unit*, *melting*, *drawing*, dan *annealing process*. Setelah itu tahap *cold process* yang terdiri dari *washing*, *cutting*, dan *packing*.



Gambar 6. Alur Proses Produksi Kaca

(Sumber: Dokumen Peneliti, 2023)

Proses pertama, pengadaan bahan baku penyimpanan harus sesuai dengan sifat fisik dan kimia bahan, sehingga tetap terjaga dan tidak mempengaruhi atau merusak kualitas bahan baku tersebut. Bahan baku PT Asahimas *Flat Glass* Tbk sebagian berasal dari dalam negeri, sebagian lagi diimpor dari luar negeri.

Bahan untuk membuat kaca terdiri dari bahan alami yang bersumber dari alam tanpa

timbangan yang merupakan kombinasi sempurna antara 60% pasir silika, 20% debu soda dan sulfat, 20% batu kapur dan dolomit serta bahan tambahan lainnya. Pasir silika menyumbang 60% kapur dan dolomit ditambahkan untuk membantu sifat pelapukan kaca, soda dan sulfat menurunkan suhu pasir untuk meleleh.

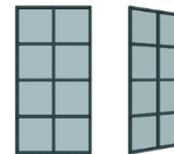
Kedua, Proses Pencampuran Bahan Baku (*Batch House*) dalam proses pencampuran ini harus memperhatikan tingkat kehomogenan dari campuran agar tidak menimbulkan cacat yang tidak diinginkan. Material antara lain pasir silika, *dolomite*, *debu soda*, *limestone*, *feldspar*, *salt cake*, dan lain-lain sesuai dengan kaca yang akan diproduksi dicampur dengan menggunakan *mixer* berbentuk turbin.

Ketiga, proses peleburan ini menggunakan tungku (tanur). Tanur-tanur ini tergolong tanur regenerasi dan beroperasi dalam dua siklus. Suhu tanur yang baru hanya dapat dinaikkan sedikit demi sedikit setiap hari, suhu yang harus dipertahankan diatas 1500 °C. Energi yang diperlukan untuk melelehkan kaca baru sebesar 2.671 Giga Joule/ton. Proses pembuatan kaca dari bahan mentah melepaskan CO2 sebanyak 60 megaton pertahun selama proses peleburan.

Keempat, pembentukan kaca yaitu proses untuk membentuk *molten glass* dari *melting* menjadi kaca lembaran. Proses terjadi di *metal bath* untuk mendapatkan temperatur kaca yang diinginkan. Di proses ini kaca dituang ke kolam timah sepanjang ±48m dan selebar 3-7m, lalu ditarik oleh *lehr roll*, dipotong sesuai keinginan. Kelima, proses pendinginan, kaca mengalami pendinginan di ruangan (*lehr*) bertujuan mendinginkan kaca dari suhu ±600°C ke suhu ruang agar kaca tidak mudah pecah, mudah dipotong dan tidak berkelok-kelok.

Keenam, proses pencucian kaca dengan air bersih pada *washing machine* untuk melarutkan sisa-sisa pereaksi. Ketujuh, proses pemotongan sesuai dengan kebutuhan pada posisi melintang, membujur, dan sisi bagian luar dengan *cutter*. *Cutter* ini terbuat dari baja yang dapat diatur sudut dan jarak pemotongannya. Secara komersial kaca datar di produksi dengan ketebalan 2–22 mm. Biasanya, kaca ketebalan hingga 12 mm tersedia di pasaran, dan yang lebih tebal mungkin tersedia berdasarkan permintaan.

Sebelum proses pengepakan terdapat proses *quality control*, kaca akan diperiksa secara otomatis dan menyingkirkan kaca yang tidak memenuhi untuk dijadikan sebagai *cullet*. Setelah itu dikontrol kembali secara manual dengan metode *sampling*. Terakhir, proses pengepakan, kaca-kaca yang telah dipotong sesuai ukuran langsung dikemas. Sistem pengemasan ada dua cara yaitu dengan *pallet kayu* atau dengan box. Untuk pengiriman ke luar negeri. Kaca-kaca tersebut dikemas dengan box secara khusus untuk menghindari kerusakan pada saat perjalanan.



Gambar 7. Desain kaca biasa Cafemoto (Sumber: Dokumen Peneliti, 2023)

Pemasang kaca datar pada kusen pintu/jendela, sebagai berikut :

1. Letakkan daun pintu/jendela pada permukaan yang datar dengan posisi alur terletak pada bagian atas.
2. Amplas hingga halus seluruh sisi kaca agar tidak tajam.
3. Pasang lembaran kaca dengan menggunakan selebar karton/kain untuk memegang kaca.
4. Pasang mur pada list sebelum dipasang pada keempat sisi daun pintu/jendela.
5. Setelah lis terpasang, perlahan masukkan mur dengan bor.

Untuk perawatan kaca cukup mengelapnya menggunakan kain bahan *microfiber* dan penyemprotan pembersih kaca yang umur dijual dipasaran. Perhitungan pemasangan kaca biasa dengan acuan harga (Maspetruk Kab. Karanganyar, 2023) dan (AHSP Kemen. PU, 2021), sebagai berikut :

Table 1. HSP pemasangan 1m kusen aluminium

A.4.2.1.24 Pemasangan 1 m kusen aluminium						
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,0850	82.250,00	6.991,25
2	Tukang Aluminium	L.02	OH	0,0850	105.000,00	8.925,00
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0090	105.000,00	945,00
4	Mandor	L.04	OH	0,0050	105.000,00	525,00
JUMLAH TENAGA KERJA						17.386,25
B	BAHAN					
1	Profil Aluminium		m	1,100	64.100,00	70.510,00
2	Skrup Fixer		Buah	2,000	170,00	340,00
2	Sealant		Tube	0,060	31.500,00	1.890,00
JUMLAH HARGA BAHAN						72.740,00
C	PERALATAN					0
JUMLAH HARGA PERALATAN						0
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					90.126,25
E	Overhead + profit				10% X D	9.012,63
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					99.138,88

**Table 2. HSP pemasangan 1m<sup>2</sup> kaca polos 5 mm Maspetruk Kab.Karanganyar, 2023**

A.4.6.2.17 Pemasangan 1 m <sup>2</sup> kaca polos tebal 5 mm						
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,0150	82.250,00	1.233,75
2	Tukang	L.02	OH	0,1500	105.000,00	15.750,00
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0150	105.000,00	1.575,00
4	Mandor	L.04	OH	0,0008	105.000,00	84,00
JUMLAH TENAGA KERJA						18.642,75
B	BAHAN					
1	Kaca Polos 5 mm (Clear float glass)		m	1,1000	141.100,00	155.210,00
2	Sealant		m	0,0500	31.500,00	1.575,00
JUMLAH HARGA BAHAN						155.210,00
C	PERALATAN					0
JUMLAH HARGA PERALATAN						0
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					173.852,75
E	Overhead + profit				10% X D	17.385,28
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					191.238,03

**Table 3. HSP pemasangan 1m<sup>2</sup> pintu kaca rangka aluminium Maspetruk Kab.Karanganyar, 2023**

A.4.2.1.26 - Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Pintu kaca Rangka Aluminium						
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
A	TENAGA					
1	Pekerja	L.01	OH	0,0850	82.250,00	6.991,25
2	Tukang Aluminium	L.02	OH	0,0850	105.000,00	8.925,00
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0090	105.000,00	945,00
4	Mandor	L.04	OH	0,0050	105.000,00	525,00
JUMLAH TENAGA KERJA						17.386,25
B	BAHAN					
1	Profil Kaca		m	4,500	162.970,00	733.365,00
2	Pintu Aluminium		Buah	4,400	212.996,00	937.182,40
2	Sealant		Tube	0,270	31.500,00	8.505,00
JUMLAH HARGA BAHAN						1.679.052,40
C	PERALATAN					0
JUMLAH HARGA PERALATAN						0
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					1.696.438,65
E	Overhead + profit				10% X D	169.643,87
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					1.866.082,52

**Table 4. Perhitungan pekerjaan pintu dan jendela kaca biasa**

Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemasangan kusen aluminium	103,2 m	99.139	10.231.194
Pemasangan kaca polos tebal 5 mm	25,24 m <sup>2</sup>	191.238	4.826.847
Pemasangan pintu kaca rangka aluminium	6,16 m <sup>2</sup>	1.866.082	11.495.065
<b>TOTAL</b>			<b>26.553.106</b>

**Kaca Recycle**

Proses kaca daur ulang pada dasarnya sama dengan proses pembuatan kaca biasa. Namun yang membedakan adalah proses sebelum pencampuran bahan baku yaitu pengumpulan bahan daur ulang, penyortiran bahan daur ulang, dan produksi *cullet*. Setelah proses pengumpulan dilakukan pembersihan botol kaca untuk melepaskan material yang masih menempel hingga bersih.

Pada proses penyortiran kaca dipisahkan berdasarkan warna. Kaca harus dipisahkan

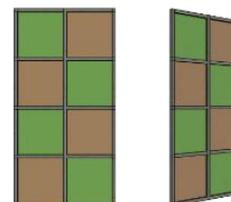
sesuai warna karena masing-masing warna kaca dibuat dengan komponen yang berbeda. Warna pada kaca mempengaruhi proses daur ulang, kaca berwarna dapat memakai 95% kaca daur ulang, sementara pada kaca bening hanya diizinkan 60% kaca daur ulang.

Produksi *Cullet*, penghancuran pemecahan kaca limbah menjadi potongan-potongan kecil yang kemudian ditumbuk halus hingga menjadi bubuk kaca yang disebut *cullet*. *Cullet* dapat menggantikan hingga 95% bahan mentah. Untuk setiap 1 ton *cullet* yang ditambahkan ke dalam bahan baku pembuatan kaca, dapat menghemat 1,2 ton bahan mentah, termasuk 1.300 pon pasir silika, 410 pon debu soda, 380 pon batu kapur, dan 160 pon feldspar.

Setelah proses pencampuran bahan tersebut lalu diangkut dengan *belt conveyor* dan dibawa oleh *bucket elevator* untuk masuk ke *mixed tank*. Setelah itu *cullet* yang berasal dari *circulating cullet* ditimbang dalam hopper scale. Setelah itu akan kedua bahan tersebut dilanjutkan dengan proses peleburan.

Kedua bahan tersebut akan dileburkan hingga meleleh. Memasukkan *cullet* ke dalam campuran produksi mengurangi sifat korosif dan menurunkan suhu leleh dari 1500°C menjadi 1400°C sehingga memperpanjang umur tungku. Selain itu, mengurangi permintaan energi sehingga biaya turun sekitar 2-3% untuk setiap 10% *cullet* yang digunakan dalam proses produksi. Energi yang dibutuhkan untuk proses pelelehan material kaca daur ulang lebih kecil daripada proses kaca baru tanpa *cullet*, hanya 1.886 Giga Joule/ton sehingga lebih hemat energi.

Pembuatan kaca dengan kaca daur ulang, bisa mengurangi sekitar 580 kg emisi CO<sub>2</sub>, mengurangi polusi udara sebesar 20%, dan mengurangi polusi air sebesar 50% daripada memproses kaca tanpa bahan daur ulang.



**Gambar 8. Desain kaca recycle Cafemoto (Sumber: Dokumen Peneliti, 2023)**

Pemasangan dan perawatan kaca daur ulang pada kusen pintu atau jendela prosesnya akan sama dengan kaca biasa dengan material baru. Pemasangan tersebut dapat dilakukan oleh sendiri atau bantuan tukang. Perhitungan pemasangan kaca *recycle* dengan acuan harga (Maspetruk Kab. Karanganyar, 2023) dan (AHSP Kemen. PU, 2021), sebagai berikut:

**Table 5. HSP pemasangan 1m<sup>2</sup> kaca polos 5 mm**

A.4.6.2.17 Pemasangan 1 m <sup>2</sup> kaca polos tebal 5 mm							
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)	
1	2	3	4	5	6	7	
A	TENAGA						
1	Pekerja	L.01	OH	0,0150	82.250,00	1.233,75	
2	Tukang	L.02	OH	0,1500	105.000,00	15.750,00	
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0150	105.000,00	1.575,00	
4	Mandor	L.04	OH	0,0008	105.000,00	84,00	
JUMLAH TENAGA KERJA						18.642,75	
B	BAHAN						
1	Kaca Polos 5 mm (Tinted Float Glass)		m	1,1000	300.125,00	330.137,50	
2	Sealant		m	0,0500	31.500,00	1.575,00	
JUMLAH HARGA BAHAN						331.712,50	
C	PERALATAN					0	
JUMLAH HARGA PERALATAN						0	
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					350.355,25	
E	Overhead + profit					10% X D	35.035,53
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					385.390,78	

**Table 6. HSP pemasangan 1m<sup>2</sup> pintu kaca rangka aluminium**

A.4.2.1.26 - Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Pintu kaca Rangka Aluminium							
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)	
1	2	3	4	5	6	7	
A	TENAGA						
1	Pekerja	L.01	OH	0,0850	82.250,00	6.991,25	
2	Tukang Aluminium	L.02	OH	0,0850	105.000,00	8.925,00	
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0090	105.000,00	945,00	
4	Mandor	L.04	OH	0,0050	105.000,00	525,00	
JUMLAH TENAGA KERJA						17.386,25	
B	BAHAN						
1	Profil Kaca		m	4,500	300.125,00	1.350.562,50	
2	Pintu Aluminium		Buah	4,400	212.996,00	937.182,40	
2	Sealant		Tube	0,270	31.500,00	8.505,00	
JUMLAH HARGA BAHAN						2.296.249,90	
C	PERALATAN					0	
JUMLAH HARGA PERALATAN						0	
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					2.313.636,15	
E	Overhead + profit					10% X D	231.363,62
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					2.544.999,77	

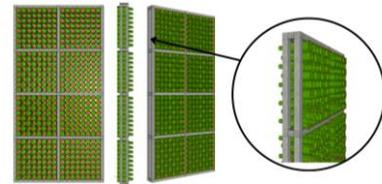
**Table 7. Perhitungan pekerjaan pintu dan jendela kaca recycle**

Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pemasangan kusen aluminium	103,2 m	99.139	10.231.194
Pemasangan kaca polos tebal 5 mm	25,24 m <sup>2</sup>	385.239	9.723.432
Pemasangan pintu kaca rangka aluminium	6,16 m <sup>2</sup>	2.544.999	15.677.194
<b>TOTAL</b>			<b>35.631.874</b>

**Kaca Reuse (Botol Kaca)**

*Reuse*/penggunaan kembali botol kaca dengan fungsi berbeda yaitu sebagai material fasad bangunan ataupun interior bangunan. Menurut Baiti (2022), *reuse* botol kaca dapat mengurangi jumlah sampah botol kaca tanpa perlu adanya proses pengolahan kembali.

Karena hal tersebut membutuhkan tahap yang cukup panjang, mulai dari pasokan bahan-bahan baru, energi untuk proses pembuatan, menghasilkan polusi udara pada proses peleburan dan pastinya membutuhkan biaya yang banyak. Jenis botol kaca yang digunakan adalah yang biasa digunakan pada saus dan kecap berwarna hijau dan aurum.



**Gambar 9. Desain kaca reuse botol kaca Cafemoto (Sumber: Dokumen Peneliti, 2023)**

Pemasangan botol kaca pada rangka holo, sebagai berikut :

1. Cuci bersih sampah botol kaca menggunakan air sabun, untuk melepaskan material yang masih menempel hingga bersih.
2. Tutup bagian mulut botol kaca dengan potongan kayu sesuai ukurannya
3. Susun botol kaca menyesuaikan bentuk desain yang telah dibuat dengan lem kaca/*sealant*.

Menurut Khanif (2015), perawatan botol kaca pada bagian dalam rumah cukup mudah namun membutuhkan banyak waktu. Cukup di lap kering saja atau dengan diberi air biasa / air pembersih. Untuk botol kaca yang berada di bagian luar rumah dapat menyemprotkannya dengan air menggunakan selang lalu diarahkan ke botol kaca. Namun, pada proses pembersihan harus diperhatikan juga sela-sela botol kaca sehingga membutuhkan lebih lama waktunya pembersihannya. Perhitungan pemasangan kaca *reuse* dengan acuan harga (Maspetruk Kab. Karanganyar, 2023) dan (AHSP Kemen. PU, 2021), sebagai berikut :

**Table 8. HSP rangka besi hollow 40.40, modul 60x120 cm untuk partisi.**

A.4.2.1.21 Rangka besi hollow 40.40 mm, modul 60x120 cm untuk partisi							
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)	
1	2	3	4	5	6	7	
A	TENAGA						
1	Pekerja	L.01	OH	0,2500	82.250,00	20.562,50	
2	Tukang Besi	L.02	OH	0,2500	105.000,00	26.250,00	
3	Kepala Tukang	L.03	OH	0,0250	105.000,00	2.625,00	
4	Mandor	L.04	OH	0,0130	105.000,00	1.365,00	
JUMLAH TENAGA KERJA						50.802,50	
B	BAHAN						
1	Rangka metal hollow 40x40		m	3,500	21.000,00	73.500,00	
JUMLAH HARGA BAHAN						73.500,00	
C	PERALATAN					0	
JUMLAH HARGA PERALATAN						0	
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					124.302,50	
E	Overhead + profit					10% X D	12.430,25
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					136.732,75	

**Table 9. HSP pemasangan 1m<sup>2</sup> partisi botol kaca**

A.4.4.1.24 Pemasangan 1 m <sup>2</sup> partisi botol kaca						
NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6	7
<b>A TENAGA</b>						
1	Pekerja	L01	OH	0,3000	82.250,00	24.675,00
2	Tukang	L02	OH	0,1500	105.000,00	15.750,00
3	Kepala Tukang	L03	OH	0,0150	105.000,00	1.575,00
4	Mandor	L04	OH	0,0150	105.000,00	1.575,00
JUMLAH TENAGA KERJA						43.575,00
<b>B BAHAN</b>						
1	Botol Kaca Besar		buah	70,000	50,00	3.500,00
2	Sealant		m	0,0500	31.500,00	1.575,00
JUMLAH HARGA BAHAN						5.075,00
<b>C PERALATAN</b>						
JUMLAH HARGA PERALATAN						0
D Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan ( A+B+C)						48.650,00
E Overhead + profit						4.865,00
F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)						53.515,00

**Table 10. Perhitungan pekerjaan pintu dan partisi kaca reuse (botol kaca)**

Uraian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Rangka besi hollow 40.40	218,4 m	136.732	29.862.269
Pemasangan partisi botol kaca	25,24 m <sup>2</sup>	53.515	1.350.719
Pemasangan pintu kaca rangka aluminium	6,16 m <sup>2</sup>	1.866.082	11.495.065
<b>TOTAL</b>			<b>42.708.053</b>

Dari ketiga material kaca yang telah diteliti sebelumnya menunjukkan adanya kekurangan dan kelebihan yang dimiliki dari setiap material berdasarkan 5 prinsip material untuk arsitektur berkelanjutan dan juga harga. Data dari hasil ketiga material tersebut disajikan ke dalam bentuk tabel perbandingan, sebagai berikut :

**Table 11. Analisis 3 material dengan 5 indikator material arsitektur berkelanjutan dan harga**

Indikator	Kaca	Kaca	Botol
	Biasa	Recycle	Kaca
Bahan berasal dari sekitar/lokal	2	2	3
Material Non-Toxic	2	3	3
Reuse/recycle	1	2	3
Penggunaan energi dan gas karbon yang dihasilkan	1	2	3
Pemasangan dan perawatan	3	3	2
Harga	3	2	1
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

Berdasarkan hasil dari tabel analisis 3 jenis material dengan 5 indikator material arsitektur berkelanjutan dijabarkan sebagai berikut :

Pada material pertama kaca biasa, bahan pembuatannya sebagian bersumber dari dalam negeri/lokal sebagiannya lagi import dari luar

negeri. Menurut Indraguna (2014), Botol kaca tidak mengandung timbal/bahan berbahaya karena berasal dari bahan alami dan kaca bersifat anti bakteri. Bahan material utamanya merupakan pasir silika, bahan alami pembentuk 59% kerak bumi. Penambangan pasir silika dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, mulai dari kekurangan pasir global, rusaknya lahan, hingga hilangnya keanekaragaman hayati. Energi yang diperlukan untuk melelehkan material kaca baru sangat besar yaitu memerlukan 2.671 Giga Joule/ton. Proses pembuatan kaca dari bahan mentah melepaskan gas CO<sub>2</sub> sebesar 60 megaton pertahun selama proses peleburan. Pemasangan dan perawatan mudah karena dapat dilakukan sendiri maupun tukang yang tidak memerlukan keahlian tinggi, serta harga yang murah.

Pada material kedua, bahan pembuatannya sebagian bersumber dari dalam negeri/lokal sebagiannya lagi import dari luar negeri. Kaca *recycle* terdiri atas bahan-bahan yang sama dengan kaca baru dan tambahan *cullet*. Bahan material utamanya tetaplah pasir silika namun terdapat tambahan *cullet* yg mengurangi jumlah penggunaan pasir silika hingga 95%. Energi yang dibutuhkan pada proses pembuatan lebih sedikit dibandingkan kaca baru, menghasilkan polusi lebih sedikit 20% pada dan 50% pada air. Pemasangan mudah karena dapat dilakukan sendiri maupun tukang yang tidak memerlukan keahlian tinggi, untuk perawatannya termasuk mudah, serta harga lebih mahal dibanding kaca biasa.

Pada material ketiga *reuse* (botol kaca), bahan pembuatannya bersumber dari sekitar (Karanganyar). Tidak mengandung bahan berbahaya karena hanya menggunakan sampah botol kaca yang sudah dibersihkan tidak perlu adanya penggunaan bahan baru. Tidak memerlukan energi ataupun menghasilkan gas karbon karena tidak melalui proses ulang. Pemasangan sulit karena membutuhkan tukang dengan keahlian tinggi dan cukup sulit untuk perawatannya karena membutuhkan waktu cukup lama dan teliti. Harga paling mahal diantara material yang lain karena membutuhkan rangka besi hollow sebanyak 2 lapis untuk menopang beban botol kaca supaya lebih stabil dan kuat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan menjadi 3 kategori sebagai berikut:

Pertama, bila mempunyai biaya yang terbatas dan mudah dalam pemasangan serta perawatan, maka material kaca biasa menjadi pilihan yang tepat. Dikarenakan harganya lebih terjangkau dan pemasangan serta perawatannya juga mudah.

Kedua, bila mempunyai biaya yang cukup berlebih, material berkelanjutan yang ramah lingkungan, dan pemasangan serta perawatannya mudah, maka material kaca *recycle* menjadi pilihan yang tepat. Dikarenakan harganya cukup mahal, namun pada proses pembuatannya dicampurkan *cullet* sehingga tidak sepenuhnya material baru, gas buangan yang dihasilkan lebih sedikit dibanding kaca biasa dan pemasangan serta perawatannya mudah.

Ketiga, bila mempunyai biaya sangat berlebih, material berkelanjutan yang ramah lingkungan, tidak masalah dengan pemasangan dan perawatan, serta menyukai desain fasad yang unik, maka material *reuse* (botol kaca) menjadi pilihan tepat. Dikarenakan memiliki harga paling mahal sebab banyaknya jumlah kebutuhan rangka hollow, pemasangannya diperlukan tenaga ahli, dan perawatannya harus lebih teliti. Namun unggul dalam mengurangi jumlah sampah botol kaca tanpa perlu proses ulang sehingga tidak membutuhkan energi dan tidak menghasilkan polusi. Serta dapat didesain dengan lebih beragam bentuk dibanding kaca biasa.

Namun untuk penerapan pada Cafemoto kaca yang paling tepat adalah kaca *recycle* dan kaca *reuse* (botol kaca). Karena selaras dengan konsep bangunan Cafemoto yaitu arsitektur berkelanjutan dan dapat menjadi konsep yang unik pada estetika bangunan dengan fungsi sebagai bangunan komersial sehingga dapat menarik minat pelanggan sebagai investasi jangka panjang.

### Saran

Para pembaca diharapkan bersama-sama dapat melestarikan alam dan tidak membuang sampah sembarangan yang dapat mengganggu keseimbangan alam. Serta ikut andil dalam

penggunaan material yang sehat dan ramah lingkungan. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian terkait penggunaan material terhadap penyerapan cahaya dan panas sehingga dapat ditinjau lebih jauh terkait efektivitasnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ardiani, Y. M. (2015). *Sustainable Architecture*. Penerbit Erlangga.
- Arisona, R. D. (2018). *Pengelolaan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) pada Pembelajaran IPS Untuk Menumbuhkan Kepedulian Lingkungan*.
- Baiti, N. N., Sugini., Chairunnisa. B. (2022). *Penerapan Dinding Botol Kaca Sebagai Material Fasad pada Bangunan Gedung Olahraga Ngampilan Untuk Meningkatkan Kualitas Pencahayaan*.
- Fachru, N. R. (2021). *Laporan Praktek Kerja Lapangan PT. Asahimas Flat Glass Tbk Departemen Cold, Universitas Veteran Jawa Timur*.
- Indraguna, M. (2014). *Kajian Manfaat Material Botol Bekas sebagai Elemen Dinding terhadap Kenyamanan Thermal & Visual Ditinjau dari Aspek Sustainable*.
- Khanif, A., Adipraja, D., Agianti, S.C., Al-Qassamy, I., & Andhini, I. (2015). *Kajian Bangunan Iklim Tropis Terhadap Aspek Perancangan Dari Sisi Sains Arsitektur "Rumah Botol Ridwan Kamil"*.
- MASPETRUK. (2023). *Informasi Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Provinsi Jawa Tengah*. <http://maspetruk.dpubinmarcipka.jatengprov.go.id/>
- Meilita, P. A., Lina, R. G., & Resti, I. A. (2019). *Industri Kaca*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/ed963>
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2023). *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Cipta Karya Dan Perumahan*.
- BPK RI. (2008). *Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Lembaran Negara RI Tahun 2008, No. 18. Sekretariat Negara. Jakarta*.
- SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (MENLHK) (2022). *Data Pengelolaan Sampah & RTH*.