

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Konstruksi

Dalam artikel Manajemen Limbah dalam Proyek Konstruksi (Ervianto, 2013), disebutkan bahwa limbah adalah suatu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam proyek konstruksi, sebagaimana sudah dinyatakan pada berbagai hasil penelitian di banyak negara. Craven dkk. (1994) menyatakan bahwa sebesar kurang lebih 20% s/d 30% dari keseluruhan limbah di Australia berasal dari kegiatan konstruksi. Rogoff dan Williams (1994) menyatakan bahwa 29% limbah padat berasal dari limbah konstruksi di Amerika Serikat. Ferguson dkk. (1995) menyatakan lebih dari 50% dari seluruh limbah berasal dari limbah konstruksi di United Kingdom. Anink (1996) menyebutkan bahwa sektor konstruksi yang terdiri dari tahap pengambilan material, pengangkutan material ke lokasi proyek konstruksi, proses konstruksi, operasional gedung, pemeliharaan gedung sampai tahap pembongkaran gedung mengkonsumsi 50% dari seluruh pengambilan material alam dan mengeluarkan limbah sebesar 50% dari seluruh limbah.

Gavilan dan Bernold (1994) dan Craven et al. (1994) menjelaskan bahwa penyebab utama adanya limbah, antara lain; kesalahan dalam dokumen kontrak, perubahan desain, kesalahan pemesanan, kecelakaan, kurangnya mengontrol lokasi proyek, kurangnya manajemen limbah, kerusakan selama pengangkutan dan pemotongan bahan. Koskela (1992), Alarcon (1993), Serpell dkk. (1995) dan

Ishiwata (1997) mendefinisikan limbah konstruksi dihubungkan dengan penundaan waktu, biaya kualitas, kurangnya keamanan, pengerjaan ulang, perjalanan transportasi yang tidak perlu, jarak jauh, pilihan manajemen yang tidak tepat, metode atau peralatan dan konstruksi gedung.

Dilihat dari komposisinya, *European Catalogue of Waste* (Directive 75/442/CEE dan 94/904/CE) mengklasifikasikan pembangunan dan pembongkaran limbah menjadi delapan kelompok:

1. Campuran beton, batu bata, ubin dan keramik,
2. Kayu, kaca, dan plastik,
3. Campuran beraspal, tar makadam dan produk tar lainnya,
4. Logam (termasuk paduan logam),
5. Tanah (termasuk yang digali dari daerah yang terkontaminasi), batu dan penggalian tanah,
6. Bahan *insulation* dan bahan konstruksi yang mengandung asbestos,
7. Gypsum berbasis material,
8. Campuran bahan pembangunan dan pembongkaran. Limbah pembangunan dan pembongkaran biasanya meliputi limbah organik, seperti sisa makanan dan bungkus yang dibuang di lokasi tersebut oleh pekerja konstruksi.

2.2 Pembagian Limbah Konstruksi

Secara umum limbah konstruksi dapat dikategorikan dalam 4 jenis

1. Limbah alami (*natural waste*),

Limbah alami adalah limbah yang dalam pembentukannya tidak dapat dihindarkan, misalnya pemotongan kayu untuk penyambungan atau cat yang

menempel pada kalengnya saat pengecatan.

2. Limbah Langsung,

Limbah langsung adalah limbah yang terjadi pada setiap tahap pembangunan.

Biasanya limbah ini terbentuk pada saat penyimpanan, pada saat material dipindahkan ke tempat kerja, atau pada saat proses pengerjaan tahapan pengembangan itu sendiri.

3. Limbah tidak langsung

Limbah tak langsung terjadi akibat pembelian material tidak sesuai dengan harga pasar. Misalnya pembelian material yang lebih mahal dibanding harga pasar.

4. Limbah konsekuensi (*consequential waste*)

Limbah konsekuensi adalah limbah yang disebabkan akibat kesalahan kerja, sebagai konsekuensinya adalah terjadinya pemborosan material dalam penggantian atau penambahan kapasitas material untuk mengganti pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi kerja.

2.3 Sumber Limbah Konstruksi

Menurut EPD, 1992; Poon, dkk (2011) bahwa Sumber utama adanya limbah konstruksi adalah material, penggalian, limbah pembongkaran, pembersihan lokasi proyek dan limbah renovasi. Sedangkan menurut Bossink and browers (1996) limbah konstruksi tersebut timbul karena adanya perbedaan antara ukuran bahan yang dibeli dengan ukuran bahan yang dibutuhkan, ketidakcakapan kontraktor dan pengetahuan yang kurang dalam pelaksanaan pekerjaan sehingga memengaruhi metode kerja yang digunakan.

Gavilan dan Bernold (1994) berpendapat bahwa limbah konstruksi umumnya disebabkan oleh kelalaian (negligence) yang terjadi di lokasi pembangunan. Berikut intisari penyebab-penyebab terjadinya limbah yang disajikan dalam bentuk tabel yang diambil dari tesis Petrus Irawanto (2002):

Tabel 2.1 Penyebab terjadinya limbah konstruksi

Sumber	Penyebab
Desain	Kekeliruan dalam dokumen kontrak
Desain	Contrast document tidak lengkap dan akurat
Desain	Perubahan dalam desain
Pengadaan	Kesalahan dalam pemesanan
Pengadaan	Kesalahan dari pemasok (supplier)
Penanganan Material	Pengangkutan menuju dan di dalam lokasi tidak tepat, sehingga menimbulkan cacat/kerusakan pada material
Penanganan Material	Penyimpanan yang tidak tepat menyebabkan berkurangnya mutu dari material tersebut hingga rusak dan tidak dapat diperbaiki dan digunakan
Operasi	Kecerobohan yang dilakukan oleh pekerja
Operasi	Peralatan tidak berfungsi secara optimal
Operasi	Cuaca/iklim buruk dan faktor alam lainnya
Operasi	Kecelakaan
Operasi	Kerusakan akibat subsequent trade
Operasi	Penggantian material akibat penggunaan yang tidak benar
Sisa (residual)	Pemotongan material secara tidak tepat
Sisa (residual)	Minimnya pengetahuan tentang persyaratan

(Lanjutan) Tabel 2.1 Penyebab terjadinya limbah konstruksi

Sumber	Penyebab
Sisa (residual)	Limbah dari proses aplikasi
Sisa (residual)	Pengemasan
Lainnya	Limbah akibat kerusakan dan pencurian
Lainnya	Minimnya pengendalian terhadap material dan buruknya sistem manajemen limbah

Sumber: (Irawanto, 2002)

Faktor penyebab yang menyebabkan terjadinya limbah pada pelaksanaan konstruksi adalah sebagai berikut (Johnston dan Mincks, 1992):

1. Manusia

Faktor manusia sebagai faktor penyebab terjadinya limbah pada konstruksi basement meliputi ketidakterampilan kerja, keterbatasan pengawasan, dan karena tidak punya pengalaman dalam bekerja merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya limbah.

2. Manajemen profesional

Faktor manajemen profesional merupakan faktor penyebab terjadinya limbah pada proses konstruksi, faktor ini meliputi faktor perencanaan proyek yang tidak sempurna, buruknya penyebaran informasi pada pihak terkait, dan buruknya koordinasi merupakan faktor yang penting dalam menghasilkan limbah.

3. Desain dan dokumentasi

Desain dan dokumentasi merupakan faktor penghasil limbah dalam proses pelaksanaan konstruksi faktor ini meliputi faktor sistem dokumentasi di lapangan yang tidak padu, spesifikasi yang tidak jelas, gambar kerja yang tidak

jas, lambat dalam merevisi dan mendistribusikan ulang, perubahan-perubahan desain, dan desain yang tidak memadai.

4. Material

Material menjadi faktor penyebab terjadinya limbah. Faktor ini meliputi faktor mutu material rendah, pengiriman material tidak sesuai dengan jadwal, penanganan material di lapangan yang salah, penyimpanan material yang buruh, dan penggunaan material yang tidak sesuai.

5. Pelaksanaan

Faktor pelaksanaan merupakan faktor penyebab terjadinya limbah pada kegiatan konstruksi. Faktor ini meliputi faktor salah penggunaan metode, keterbatasan peralatan, peralatan tidak efektif, peralatan yang sudah tidak layak digunakan, dan buruknya layout, merupakan faktor yang akan menyebabkan terjadinya limbah.

6. Faktor luar

Faktor luar sebagai penyebab terjadinya limbah pada konstruksi meliputi faktor situasi lapangan, cuaca dan kerusakan akibat pihak ketiga, mempunyai potensi dalam menghasilkan limbah.

2.4 Dampak Limbah Konstruksi

Limbah konstruksi mungkin dianggap bahan tidak berbahaya dan tidak menyebabkan banyak masalah, namun faktanya, hal tersebut mempunyai dampak yang signifikan terhadap lingkungan yang disebabkan oleh proses pembangunan dan pembongkaran sebuah konstruksi.

Berdasarkan Townsen dan Kibert (1998), limbah pembangunan dan pembongkaran umumnya terdiri dari material inert yang tidak dapat menyaring secara alami ke dalam air tanah. Berbagai regulasi telah dihasilkan dalam hal pembuangan dan pemantauan dampak lingkungan termasuk didalamnya pencemaran air tanah. Dampak terhadap kualitas air tanah secara umum dapat diklasifikasikan dalam dua jenis. Jenis pertama adalah dari kontaminasi dengan bahan kimia berbahaya, terutama senyawa organik atau logam berat. Zat kimia ini diyakini merupakan hasil dari sejumlah bahan kimia berbahaya baik diterapkan pada bahan bangunan, atau pembuangan bahan kimia dalam aliran limbah pembangunan dan pembongkaran. Jenis kedua adalah hasil kontaminasi dari jumlah yang lebih besar dari bahan kimia yang tidak beracun yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas air tanah. Zat kimia tersebut seperti klorida, natrium, sulfat dan amonia yang dihasilkan dari penyaringan bahan utama limbah pembangunan dan pembangunan.

2.5 Hierarki Pengelolaan Limbah Konstruksi

Setiap proyek konstruksi menggunakan berbagai jenis material dan menghasilkan limbah konstruksi. Salah satu cara teknik manajemen limbah konstruksi yang umum digunakan yaitu dengan *waste hierarchy*.

Konsep *waste hierarchy* mengarah pada 3R yaitu *reduce* (mengurangi), *reuse* (penggunaan ulang), dan *recycle* (daur ulang).

1. *Reduce* adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi jenis limbah yang dihasilkan dari suatu proses konstruksi. Reduce dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- a. Pencegahan (*prevention*) usaha yang dilakukan untuk mencegah penggunaan material yang dapat menghasilkan limbah konstruksi. Misalnya dengan menggunakan bahan hasil fabrikasi seperti beton pracetak, mengurangi *over ordering*, dan memakai *half slab* pada desain.
 - b. *Minimization* (minimalisasi), usaha yang dilakukan untuk mengurangi limbah konstruksi dengan mempersiapkan rencana penanganan limbah konstruksi. Misalnya menjual dan membuang limbah konstruksi ke tempat khusus.
2. *Reuse* (penggunaan ulang) adalah menggunakan kembali limbah konstruksi yang masih bisa digunakan. Untuk memudahkan kontraktor dalam penggunaan kembali, sebaiknya dilakukan pemisahan material konstruksi yang masih memiliki nilai guna serta dipisahkan berdasarkan jenis pekerjaannya. Penggunaan kembali dapat menghemat biaya pemakaian material baru baik dalam proyek yang sama ataupun proyek proyek yang akan datang.
 3. *Recycle* (daur ulang) adalah suatu proses daur ulang limbah konstruksi menjadi material yang memiliki kualitas yang hampir sama dengan material yang baru. Misalnya teknologi daur ulang beton yang dikembangkan oleh Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Litbang PU.

2.6 Meminimalisasi Limbah Konstruksi

Meminimalisasi limbah merupakan kegiatan yang dilakukan sebagai bentuk pengurangan dari jumlah yang dihasilkan (Tchobanoglous, 1993). Dalam meminimalisasi limbah konstruksi, ada 6 alasan utama yang mendasarinya yaitu:

1. Menghemat biaya
2. Mengurangi penggunaan bahan material yang berlebihan

3. Meningkatkan kemampuan kompetisi
4. Meningkatkan kebiasaan kerja
5. Meningkatkan kualitas lingkungan dan mengurangi beban landfill
6. Membantu industri konstruksi menghadapi peraturan baru.

Target utama yang ingin dicapai dari strategi minimisasi limbah konstruksi adalah mencakup 2 hal yaitu:

1. Limbah yang dihasilkan sedikit (efisien).
2. Biaya operasional yang efektif.

Setiap orang yang terlibat dalam proyek konstruksi memiliki peranan masing-masing dalam minimalisasi limbah, (Fitriyah, 2009), seperti:

1. Desainer dan surveyor
 - a. Memastikan bahwa dokumentasi dan informasi, seperti gambar kerja, rencana kerja, dan informasi pendukung lainnya tersedia lengkap, akurat, dan jelas.
 - b. Mendesain bangunan dengan material hasil fabrikasi. Penggunaan material hasil fabrikasi dapat mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan.
 - c. Menggunakan dimensi material yang sesuai dengan ketersediaan di pasar.
 - d. Menggunakan peralatan sesuai dengan kebutuhan.
2. Site manager
 - a. Melaksanakan pekerjaan konstruksi sesuai dengan rancangan/desain.
 - b. Melakukan penanganan pada limbah on-site dengan menggunakan kembali limbah yang masih memiliki nilai guna, menjual limbah yang masih memiliki

nilai ekonomi dan melakukan pembuangan yang tepat untuk limbah yang tidak dapat digunakan kembali dan dijual.

- c. Memastikan tempat pembuangan sementara diberikan label secara jelas, sehingga memudahkan pekerja untuk memisahkan limbah konstruksi.
 - d. Berperan aktif untuk berkoordinasi dengan tim dan mendorong setiap personel untuk berlaku disiplin.
3. Sub-kontraktor
- a. Mencegah timbulnya limbah dengan melakukan rancangan/estimasi yang cermat dan penggunaan sumber daya yang tepat.
 - b. Mengoptimalkan pekerja yang terlibat untuk peduli dan responsif terhadap kuantitas limbah yang dihasilkan.
 - c. Melakukan pemilahan limbah material atas setiap pekerjaan konstruksi yang dilakukan.
 - d. Menggunakan material kembali, jika hal tersebut dimungkinkan.
 - e. Mempunyai rasa tanggung jawab untuk mengelola limbah yang dihasilkan.
4. Supplier
- a. Mengurangi penggunaan bungkus (packaging) dengan menggunakan kembali pembungkus material.
 - b. Memastikan material tidak mengalami kerusakan atau menjadi cacat selama pengiriman berlangsung.
 - c. Memastikan kelancaran pengangkutan material agar tiba tepat waktu.
 - d. Mengkoordinasikan dengan baik waktu pengiriman material.

2.7 Strategi Minimalisasi Limbah Konstruksi

Peluang untuk minimalisasi limbah konstruksi terdapat dalam empat area konstruksi, yaitu:

1. Perencanaan pengelolaan proyek
2. Pra konstruksi
3. Kegiatan di luar lokasi proyek (*Off-site Activities*)
4. Kegiatan di dalam lokasi proyek (*On-site Activities*)

Kunci sukses dari minimalisasi limbah konstruksi dan meningkatkan profit adalah dengan cara mengembangkan strategi manajemen limbah konstruksi yang terintegrasi. Terintegrasi yang dimaksud adalah perencanaan secara menyeluruh pada empat area konstruksi yang ada.

Strategi yang efektif dilakukan untuk manajemen limbah konstruksi adalah pengendalian yang dilakukan dari tahap desain/rancangan awal, sehingga besar limbah konstruksi berikut bentuk dan penyebabnya dapat diidentifikasi. Pengawasan ekstra dilakukan dari proses penyusunan kontrak, koordinasi dengan supplier dan proses pengiriman dan pengangkutan serta penyimpanan di dalam gudang. Seluruh proses yang disebutkan tersebut tidak hanya berpengaruh terhadap kuantitas limbah, namun juga mutu material, biaya dan waktu. Dengan kata lain, persoalan limbah menyentuh seluruh ranah dan konsentrasi dari manajemen proyek.

Di bawah ini dijelaskan strategi ideal menurut konsep manajemen limbah yang dilakukan pada level pelaksanaan konstruksi:

1. Penyimpanan

Lokasi dan metode penyimpanan sedapat mungkin turut memberikan perlindungan terhadap material dari tindak pencurian atau kerusakan akibat faktor teknis maupun non-teknis. Metode penyimpanan tergantung pada pengaruh material kepada situasi penyimpanan dan kondisi cuaca.

2. Penanganan dan Distribusi

- Pemeriksaan terhadap kedatangan material agar material yang datang telah sesuai dengan spesifikasi, baik secara kuantitas maupun kualitas.
- Agar penanganan material berlangsung efektif, supervisi yang kompeten harus disediakan.
- Tata letak lokasi yang efisien untuk kemudahan akses dan distribusi material.

3. Manajemen Lokasi

- Menyediakan pengawasan untuk menjamin penggunaan material sesuai dengan tujuan.
- Membawa kelebihan material ke lokasi proyek yang baru, sehingga dan meninggalkan area proyek lama dengan kondisi yang bersih.
- Mengembalikan material yang tidak digunakan kepada supplier untuk diproses ulang.
- Memberikan motivasi bagi pekerja untuk memperhatikan produksi limbah yang dihasilkan dari setiap pekerjaan yang dilakukan.
- Penjagaan keselamatan lokasi untuk mencegah tindakan kriminal, seperti pencurian atau perusakan dan menunda timbulnya kebutuhan untuk melakukan pemesanan material ulang.

2.8 Parameter Manajemen Limbah Konstruksi berdasarkan *Green Building Council Indonesia (GBCI)*

Terdapat 10 parameter untuk menilai baik buruknya manajemen limbah konstruksi dari sebuah bangunan berdasarkan analisis *Green Building Council Indonesia (GBCI)* tentang bangunan hijau. 10 parameter tersebut antara lain:

Tabel 2.2 10 Parameter Penilaian Manajemen Limbah Konstruksi

No	Aspek	Parameter
1.	Rencana Pencegahan dan Peminimalisiran Limbah	Melakukan perencanaan untuk meminimalisir terjadinya limbah
2.	Penggunaan Bahan Bangunan Ramah Lingkungan	Menggunakan bahan bangunan hasil fabrikasi yang menggunakan bahan baku dan proses produksi ramah lingkungan
3.	Penyimpanan Material	Terdapat tempat penyimpanan material yang terhindar dari gangguan yang dapat merusak material
4.	Proses <i>Reuse</i> Material	Memakai kembali material yang masih memiliki nilai guna
5.	Dokumentasi Limbah Konstruksi	Melakukan pencatatan berat/volume limbah yang dihasilkan
6.	Pemilahan Limbah Konstruksi	Terdapat pemilahan limbah sesuai kategori
7.	Proses <i>Recycle</i> Material	Menggunakan material hasil olahan material sisa
8.	Pelatihan Manajemen Limbah	Terdapat pelatihan manajemen limbah untuk karyawan

(Lanjutan) Tabel 2.2 10 Parameter Penilaian Manajemen Limbah Konstruksi

No	Aspek	Parameter
9.	Pemantauan dan Evaluasi Sistem Manajemen Limbah	Pemantauan dan evaluasi sistem manajemen limbah secara rutin
10.	Kerja sama dengan Pihak Ketiga	Bekerja sama dengan pihak pengumpul sampah yang handal dalam menangani limbah konstruksi

2.9 Jenis dan Manajemen Pengelolaan Limbah

Sihombing (2011) melakukan penelitian tentang bentuk-bentuk limbah material padat yang dihasilkan pada tahap pelaksanaan struktur atas pada proyek pembangunan gedung bertingkat serta penyebab terjadinya limbah tersebut. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sistem manajemen limbah padat yang digunakan pada pembangunan bergelar bangunan hijau. Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan desain deskriptif dengan menggunakan metode wawancara kepada pelaku konstruksi di lapangan untuk level manajer dan direksi, observasi dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan dan studi dokumen proyek, dan metode triangulasi. Hasil dari penelitian ini antara lain; limbah material dominan yang dihasilkan di pekerjaan struktur atas adalah besi, kayu dan cor. Timbulan limbah dominan ini bersumber dari aktivitas di pekerjaan struktur atas, yaitu pekerjaan pembesian, bekisting dan pengecoran, diikuti oleh proses operasi dan pengelolaan material. Dilihat dari faktor penyebab, desain dan dokumentasi menjadi faktor penyebab terbesar terjadinya timbulan limbah material di saat pelaksanaan pekerjaan struktur atas. Hal ini diakibatkan oleh terjadinya perubahan desain selama pekerjaan di kedua lantai tersebut berlangsung. Untuk manajemen

limbah, kontraktor memberlakukan sistem minimisasi dan penanggulangan limbah secara terpadu. Minimisasi dilakukan dengan menggunakan material bersertifikat untuk mencegah timbulnya limbah material akibat penggunaan material yang berkualitas rendah. Selain itu, pihak kontraktor juga menggunakan metode precast *half slab* dan precast tangga untuk mereduksi penggunaan material bekisting dan limbah konstruksi lainnya.

Andiani (2011) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui komposisi timbulan limbah konstruksi struktur gedung bertingkat tinggi yang dihasilkan berdasarkan tipe dan jenisnya, mengetahui kuantitas timbulan limbah pembangunan struktur gedung bertingkat tinggi yang dihasilkan pada kegiatan-kegiatan yang dilakukan di proyek, mengetahui sumber dan faktor penyebab timbulnya sisa material pembangunan struktur proyek gedung bertingkat tinggi, dan mengetahui pengaruh minimisasi limbah terhadap biaya yang dikeluarkan kontraktor. Penelitian dilakukan terhadap dua proyek yaitu Proyek Pembangunan Gedung DPRD dan Balaikota DKI Jakarta dan Proyek Pembangunan Tower Tiffany Kemang Village. Metode yang digunakan menggunakan kuesioner sebagai alat bantu untuk mengetahui metode pembuangan limbah apa yang paling dipilih oleh responden untuk pembuangan limbah sesuai dengan jenisnya, faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh dalam menyebabkan timbulan limbah, faktor-faktor yang menentukan pengelolaan limbah dan faktor-faktor yang menentukan penggunaan kembali limbah. Dari penelitian ini didapatkan hasil tiga jenis limbah yang mendominasi pembangunan tahap struktur adalah besi, kayu dan beton. Faktor utama penyebab terjadinya limbah konstruksi adalah karena sisa pemotongan

material menjadi panjang tertentu, limbah proses pengaplikasian dan limbah kemasan, dan kesalahan pada pekerja atau buruh. Limbah suatu proyek konstruksi tidak dapat dibandingkan dengan limbah proyek konstruksi lainnya karena perbedaan metode yang digunakan, fungsi bangunan, dan lain-lain.

Widhiawati, Astana, dan Indrayani (2019) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa yang menjadi penyebab timbulnya limbah konstruksi di suatu proyek serta bagaimana pengelolaannya yang dilakukan pada proyek konstruksi di Bali. Penelitian ini dilakukan dengan menyebar kuesioner kepada pelaksana proyek yang sedang atau pernah menangani proyek konstruksi di Bali periode 2014–2018. Data hasil penyebaran kuesioner kemudian ditabulasi dan dianalisis dengan menggunakan Analisis Faktor untuk mencari faktor penyebab timbulnya limbah konstruksi dengan bantuan program SPSS dan metode Penilaian/Skoring untuk mengetahui kegiatan pengelolaannya. Dari hasil analisis didapatkan faktor dominan yang menyebabkan timbulnya limbah konstruksi yaitu faktor: pengetahuan dan keterampilan yang kurang, penanganan material yang buruk, kualitas material yang kurang baik, metode kerja yang tidak sesuai. Untuk kegiatan pengelolaan limbah konstruksi yang paling banyak dilakukan di proyek yang ada di Bali termasuk dalam kategori reduksi adalah: melakukan pengawasan secara ketat dan berkala kepada pekerja untuk meminimalkan terjadinya kesalahan, memiliki prosedur penanganan material dan prosedur penyimpanan material yang jelas, penggunaan komponen modular untuk desain yang memungkinkan, penyimpanan material yang terhindar dari gangguan cuaca dan mudah dijangkau,

mengestimasi material yang diperlukan dengan teliti dan cermat sehingga menghindari *overestimate*.

Harefa (2020) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui proyek pembangunan Transmart Carrefour Padang sudah menerapkan *Green Construction*, menganalisis proses pengelolaan limbah konstruksi pembangunan Transmart Carrefour Padang untuk mewujudkan *green construction* dan jenis limbah konstruksi yang dihasilkan pada pembangunan Transmart Carrefour Padang. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data penelitian yaitu berupa observasi, dokumentasi, wawancara kepada narasumber atau informan mengenai manajemen pengolahan limbah konstruksi yang dilakukan oleh pihak Transmart Carrefour Padang. Hasil penelitian diperoleh bahwa secara umum kontraktor pelaksana proyek Transmart Carrefour Padang sudah menerapkan *green construction*. Sehingga disimpulkan bahwa implementasi penerapan manajemen limbah konstruksi untuk mewujudkan *green construction* sudah baik atau sesuai standar. Proses pengelolaan limbah dengan menggunakan *reuse, reduce, recycle*, dan landfill yang cukup efektif dalam mengurangi timbulnya limbah konstruksi. Adapun jenis limbah konstruksi yang dihasilkan pada pembangunan Transmart Carrefour Padang yaitu limbah padat sebesar 50%, limbah cair sebesar 30% dan limbah gas sebesar 20%.