

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361597957>

Pengelolaan Sisa Material Pada Proyek Kostruksi

Book · June 2020

CITATIONS

0

READS

112

2 authors:



James Thoengsal

University of Technology Sulawesi

27 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

SEE PROFILE



Rusdi Usman Latief

Universitas Hasanuddin

4 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Rusdi Usman Latief
James Thoengsal

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KONSTRUKSI



Sanksi Pelanggaran Hak Cipta
UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA

Ketentuan Pidana

Pasal 113

- 1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- 2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- 3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- 4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).



Rusdi Usman Latief
James Thoengsal

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KONSTRUKSI



Diterbitkan oleh
Penerbit Nas Media Pustaka
Makassar, 2020



PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KONSTRUKSI

Rusdi Usman Latief

James Thoengsal

- Makassar : © 2020

Copyright © Rusdi, James 2020

All right reserved

Layout : Rizaldi Salam

Design Cover : Muhammad Alim

Cetakan Pertama, Juli 2020

viii + 80 hlm; 16 x 24 cm

ISBN 978-623-7644-58-3

Diterbitkan oleh Penerbit Nas Media Pustaka

CV. Nas Media Pustaka

Anggota IKAPI

No. 018/SSL/2018

Jl. Batua Raya No. 550 Makassar 90233

Telp. 0812-1313-3800

redaksi@nasmediapustaka.id

www.nasmediapustaka.co.id

nasmedia.id

Instagram : @nasmedia.id

Fanspage : Penerbit Nas Media Pustaka

Dicetak oleh Percetakan CV. Nas Media Pustaka, Makassar

Isi di luar tanggung jawab percetakan

DAFTAR ISI

1. DEFINISI SISA MATERIAL KONSTRUKSI	1
2. FAKTOR PENYEBAB TIMBULNYA SISA MATERIAL KONSTRUKSI	11
3. KARAKTERISTIK DAN POTENSI SISA MATERIAL KONSTRUKSI	19
4. FAKTOR PENGHAMBAT PENERAPAN MANAJEMEN SISA MATERIAL KONSTRUKSI	29
5. ESTIMASI VOLUME SISA MATERIAL KONSTRUKSI	37
6. KONSEP HIRARKI MANAJEMEN SISA MATERIAL KONSTRUKSI	41
7. APLIKASI SISTEM MODULAR DALAM MENGURANGI DAMPAK SISA MATERIAL KONSTRUKSI	47
8. PENGEMBANGAN KONSEP MANAJEMEN SISA MATERIAL DALAMUPAYA MEREDUKSI INEFISIENSI BIAYA KONSTRUKSI	53

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa kerana berkat kasih, anugerah dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini.

Timbulnya sisa material selama proses konstruksi telah menjadi sebuah fenomena yang banyak memberikan dampak negatif di negara-negara yang sedang berkembang dalam proses pembangunan, dampak timbulnya sisa material tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan saja tetapi juga pada aspek biaya konstruksi serta sosial disekitarnya. Buku ini memberikan pemahaman secara mendasar mengenai definisi sisa material konstruksi, faktor penyebab timbulnya sisa material, hambatan –hambatan dalam menerapkan sistem manajemen sisa material, potensial dan karakteristik sisa material, metode perhitungan volume sisa material, konsep hirarki dalam mereduksi sisa material secara holistik, aplikasi sistem modular dalam mereduksi sisa material serta pengembangan konsep manajemen dalam mereduksi dampak inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material selama konstruksi. Buku ini diharapkan memberikan gambaran berupa poin penting dalam pemahaman serta penerapan manajemen sisa material yang ideal khususnya pada industri konstruksi baik untuk para praktisi dibidang konstruksi maupun bagi para mahasiswa.

Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka menyusun buku ini, berkat bantuan dari berbagai pihak maka buku ini dapat selesai pada waktunya. Dalam buku ini, penulis mendapat bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih kepada seluruh pihak yang mendukung dalam penyusunan dan penyelesaian buku ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dengan segala keterbatasan kemampuan serta usaha maksimal yang telah dilakukan dalam penulisan buku ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat

membangun dari pembaca, agar buku ini menjadi lebih baik. Semoga buku ini dapat memberikan sumbangan pikiran yang positif bagi pembaca sekalian. Amin.

Makassar, Juli 2020

Penulis

SATU

DEFINISI SISA MATERIAL KONSTRUKSI



Peningkatan jumlah pembangunan konstruksi bangunan gedung di Indonesia kian meningkat dari tahun ke tahun tentunya membutuhkan banyak sumber daya baik berupa uang, tenaga kerja, peralatan, metode dan yang tidak kalah penting yaitu sumber daya material. Melihat realita permasalahan pada proyek bangunan gedung di lapangan yaitu pengelolaan manajemen *sisa material* yang tidak optimal oleh pihak kontraktor pelaksana yang pada akhirnya sering menghasilkan material sisa selama proses konstruksi suatu bangunan gedung serta dampaknya terhadap aspek biaya.

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang dalam beberapa tahun terakhir ini di bidang konstruksi salah satunya di kota-kota besar, sehingga dalam menjalankan kegiatan ekonomi, perdagangan, bisnis maupun pemerintahan dibutuhkan penyediaan sarana dan prasarana yang mendukung seperti

pembangunan bangunan gedung. Pembangunan gedung saat ini mengarah pada pembangunan ke arah vertikal dan horisontal bentang lebar, hal tersebut disebabkan karena kebutuhan aktifitas kegiatan manusia yang terus bertambah sehingga membutuhkan banyak fasilitas bangunan.

Peningkatan pembangunan konstruksi bangunan gedung di Indonesia khususnya di kota-kota besar yang kian meningkat dari tahun ke tahun. Namun realita selama ini yaitu sebagian besar penerapan manajemen sisa material konstruksi pada tahap perencanaan sampai pelaksanaan yang masih rendah dan belum optimal khususnya pada kontraktor –kontraktor swasta dibandingkan dengan kontraktor BUMN. (Ervianto, 2015).

Penelitian–penelitian sebelumnya pada umumnya lebih banyak meneliti pada tahap kajian identifikasi timbulnya sisa material konstruksi. Namun masih sangat sedikit referensi penelitian di Indonesia yang mengkaji bagaimana potensi penerapan manajemen *sisa* material bangunan gedung dalam mereduksi dampak inefisiensi biaya selama konstruksi

Adanya sumber data penelitian-penelitian sebelumnya yang memperlihatkan dampak inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material selama proses konstruksi bangunan gedung akibat minimnya penerapan *sisa* manajemen (Y.P.Devia, 2010). Proporsi Biaya Material sekitar 40-60% dari biaya total proyek (Intan et. al, 2005).

Secara umum sisa material (Limbah) merupakan sesuatu yang tidak memiliki nilai, manfaat, atau dengan kata lain tidak diinginkan lagi bagi pemiliknya. Jika dilihat secara komprehensif jenis-jenis limbah dalam kehidupan sehari-hari berdasarkan wujudnya dapat dikategorikan menjadi limbah padat, cair dan gas, sedangkan berdasarkan sumbernya maka limbah dapat dikelompokkan menjadi :

- *Commercial Sisa* (Pertokoan, restoran, pasar, hotel, apartemen dsb)
- *Residential Sisa* (Pemukiman/Perumahan)
- *Municipal Sisa* (Limbah Perkotaan)

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KONSTRUKSI

- *Institutional Sisa* (Sekolah, Kantor, Rumah Sakit)
- *Industrial Sisa* (Pabrik)
- *Construction & Demolition Sisa* (Proyek Konstruksi dan Pembongkaran Bangunan)
- *Agricultural Sisa* (Taman, Sawah, Ladang)



Gambar 1. Perbedaan jenis sisa material (Sumber: *Visionscape Group*)

Namun dalam topik ini akan lebih difokuskan pada jenis limbah selama konstruksi. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi penggunaan material merupakan unsur sumber daya yang sangat vital untuk mewujudkan tujuan perencanaan suatu proyek. *Sisa* material konstruksi dapat dikategorikan berdasarkan proses pengelolannya antara lain:

- Sisa Material Konstruksi yang Berpotensi Digunakan Ulang (*Reused*)
- Sisa Material Konstruksi yang Berpotensi Didaur Ulang (*Recycle*)
- Sisa Material Konstruksi yang Berpotensi Diperbaiki (*Repair*)

- Sisa Material Konstruksi yang Memerlukan Penanganan Khusus Seperti Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)- *Hazardous Material*
- Sisa Material Konstruksi yang Sudah Tidak Dapat digunakan maupun di daur ulang dan biasanya berakhir di lahan pembuangan (*Landfill*).

Jumlah volume sisa material konstruksi pada setiap proyek sangat bervariasi. Adapun beberapa ukuran yang menentukan besarnya jumlah volume sisa material konstruksi antara lain:

- Jenis Proyek (Gedung, Jembatan, Jalan, dsb)
- Skala proyek berupa Besar dan Luas Area Proyek (Bangunan sederhana, sedang dan besar).
- Aktifitas Kegiatan (Konstruksi, Renovasi, Perbaikan dan Pembongkaran)

Namun dalam kenyataan di lapangan penggunaan material sering dialokasikan secara tidak optimal dan efisien yang tentunya disebabkan oleh banyak faktor yang akan saya kaji lebih lanjut pada topik ini. Penggunaan material yang tidak optimal tersebut biasanya berupa sisa-sisa material yang timbul sehingga mengakibatkan banyak sisa material terbuang dengan sia-sia yang menyebabkan penyimpangan anggaran material rencana dengan kondisi aktualnya. Kondisi demikian yang sering disebut dengan istilah sisa material (*Sisa Material*).



Gambar 2. Beberapa sisa material besi konstruksi yang tidak terpakai

Konsep Green Construction & Green Building Dalam Upaya Meminimalisir Sisa Material

Konsep hijau dalam pembangunan menjadi tren di negara-negara maju dan telah menjadi suatu aturan yang baku dalam proses pembangunan. Dasar dari konsep tersebut tidak lain dikarenakan menurunnya kapasitas dan daya dukung lingkungan dari tahun ke tahun, sehingga sudah selayaknya penerapan konsep green dalam pembangunan harus diterapkan di setiap negara.

Konsep “*Green*” dalam pembangunan tidak berarti tren menggunakan media vegetasi dalam dalam proses pembangunan,

tetapi mengedepankan penerapan ramah lingkungan mulai dari tahap perencanaan, pengadaan, pelaksanaan, pengoperasian sampai proses pembongkaran suatu bangunan. Dalam hal ini dilakukan melalui proses konsep desain, pemilihan jenis material, metode kerja, pemilihan peralatan kerja serta manajemen selama pengoperasian suatu bangunan.

Konsep Konstruksi Hijau (*Green Construction*) pada dasarnya merupakan strategi dalam proses pelaksanaan konstruksi yang mengedepankan konstruksi ramah lingkungan baik melalui metode kerja, penggunaan material, penggunaan peralatan konstruksi, manajemen, pengawasan dsb. Pada dasarnya konsep konstruksi hijau merupakan tahap pelaksanaan yang merupakan proses lanjutan dari konsep desain yang ramah lingkungan. Konsep konstruksi hijau bertujuan untuk:

- **Mereduksi Limbah Material (*Sisa Material*)**, Dalam hal ini tujuan dari Konstruksi Hijau yaitu mereduksi timbulnya limbah material selama proses konstruksi baik berasal dari material konstruksi (Beton, Rebar, Kayu, Bata, Tegel, Agregat dsb) maupun material non konstruksi (Kemasan, Kertas, Sterofoam makanan, plastik minuman dsb). Hal ini dapat terwujud jika penerapan Manajemen *Sisa Material* Konstruksi telah diterapkan dengan baik oleh pihak pelaksana selama proses konstruksi. Upaya ini setidaknya dapat mereduksi biaya yang hilang (*Hidden Cost*) dari anggaran total material yang dianggarkan dan juga dari aspek lingkungan dapat mereduksi volume pembuangan limbah material pada area pembuangan (*Landfill*) serta dapat mereduksi potensi pencemaran lingkungan dari material B3 (Bahan Berbahaya dan beracun).
- **Mereduksi Polusi Selama Konstruksi**, Konsep konstruksi hijau juga mengupayakan upaya mereduksi dampak polusi yang dihasilkan selama proses konstruksi. Sumber polusi selama konstruksi dapat memberikan efek terhadap lingkungan misalnya pencemaran debu dari material konstruksi, pencemaran udara yang dihasilkan dari peralatan konstruksi, pencemaran terhadap air dan tanah dari sumber material konstruksi serta pencemaran suara yang

menimbulkan kebisingan dari aktifitas peralatan konstruksi. Hal ini tentunya membutuhkan manajemen, metode dan pemilihan material dan peralatan yang lebih ramah terhadap lingkungan.

- **Efisiensi Energi**, Sasaran Konstruksi Hijau juga yaitu mengupayakan penggunaan energi secara efisien dan optimal. Selama aktifitas konstruksi penggunaan energi menjadi kebutuhan utama dalam mendukung aktifitas selama konstruksi baik energi listrik maupun bahan bakar. Upaya –upaya yang dapat dilakukan dalam mereduksi energi selama konstruksi misalnya:
 1. Mengurangi penggunaan pendingin ruangan (AC) dengan cara membuat banyak bukaan jendela dan ventilasi pada direksi keet dan dengan cara memberikan warna cerah atau putih pada bangunan sementara seperti direksi keet agar radiasi panas dapat direduksi dalam ruangan.
 2. Mengurangi penggunaan komputer PC dengan menggunakan laptop agar konsumsi energi listrik dapat dikurangi
 3. Menanam tanaman disekitar area direksi keet agar kondisi ruangan menjadi lebih rindang dan sehat.
 4. Menggunakan lampu jenis (*Light Emitting Diode*) LED selama operasional konstruksi agar konsumsi energi listrik menjadi lebih sedikit.
 5. Memilih jenis peralatan konstruksi yang memiliki teknologi hemat energi bahan bakar selama operasional.
 6. Memperbanyak bukaan cahaya pada bangunan sementara direksi keet agar penggunaan energi dari lampu dapat dikurangi selama konstruksi.
- **Efisiensi Penggunaan Air**, Sasaran dalam konsep Konstruksi Hijau juga mengupayakan efisiensi konsumsi air selama konstruksi. Upaya ini dapat dilakukan dengan cara menggunakan air seperlunya selama konstruksi serta dapat juga dengan memanfaatkan air limpasan hujan pada suatu tampungan sementara melalui proses *treatment* untuk digunakan selama proses konstruksi. Dengan melakukan upaya efisiensi kebutuhan

air setidaknya dapat menjaga ketersediaan air tanah kedepannya. Konsep Bangunan Hijau (*Green Building*) yaitu konsep bangunan secara fisik yang mengedepankan upaya ramah lingkungan selama tahap pengoperasian melalui beberapa kriteria seperti penggunaan material bangunan, penggunaan energi, kondisi sirkulasi udara dan cahaya pada bangunan, konservasi air pada bangunan, pemanfaatan lahan dan manajemen lingkungan disekitar bangunan. Berdasarkan aturan *Green Building Council Indonesia* (GBCI), 2012 ada beberapa *Rating Tools/Greenship* atau parameter ukur suatu bangunan dikategorikan sebagai Bangunan Hijau (*Green Building*) yang dapat diringkas sebagai berikut:

- ***Appropriate Site Development***, Dalam hal ini lebih ditekankan pada pemanfaatan lahan suatu bangunan secara layak dan berkelanjutan seperti menyediakan area hijau, area untuk transportasi umum, area untuk pengendara sepeda, area untuk landscape dsb.
- ***Energy Efficiency and Conservation***, Penggunaan energi secara efisien selama operasional bangunan antara lain dengan menggunakan alat monitoring penggunaan energi listrik, penggunaan cahaya alami dengan memperbanyak bukaan, memperbanyak bukaan ventilasi agar udara dalam ruangan menjadi lebih sejuk sehingga penggunaan AC menjadi lebih berkurang dan penggunaan teknologi energi terbarukan seperti penggunaan *solar panel system*.
- ***Water Conservation***, Upaya efisiensi konsumsi air dengan menggunakan monitoring volume penggunaan air secara berkala, penggunaan air secara efisien, menggunakan teknologi sistem daur ulang air limbah, pemanfaatan teknologi pengolahan tangkapan air hujan dsb.
- ***Material Resource and Cycle***, Dalam hal ini memanfaatkan material bangunan yang lebih ramah terhadap lingkungan seperti menggunakan material yang dapat digunakan ulang kembali (*reuse*) atau didaur ulang (*recycle*) kembali, menggunakan material yang tidak mencemari lingkungan, menggunakan sistem material yang terfabrikasi dan memanfaatkan material lokal,

- ***Indoor Health and Comfort***, Parameter bangunan hijau juga mengutamakan kenyamanan penghuni dalam sebuah bangunan antara lain menjaga sistem sirkulasi udara dalam bangunan agar tetap nyaman, kenyamanan suhu bangunan, menjaga kebisingan dalam bangunan, serta kenyamanan dalam hal visual terhadap bangunan.
- ***Building Environmental Management***, Berupa manajemen pengelolaan limbah yang dihasilkan selama operasional suatu bangunan dan upaya mereduksi polusi yang dihasilkan pada sebuah bangunan yang berdampak terhadap lingkungan disekitarnya.

Dari penjelasan tersebut maka jelas bahwa konsep Konstruksi Hijau lebih ditekankan pada proses/aktifitas pada tahap pelaksanaan sedangkan konsep Bangunan Hijau lebih kepada fisik suatu bangunan selama masa operasionalnya, dimana kedua konsep tersebut tentunya memberikan sumbangsi dalam upaya mereduksi sisa material mulai dari konsep perencanaan bangunan sampai proses manajemen pelaksanaannya di lapangan pada tahap konstruksi. Tentu saja secara umum untuk mewujudkan hal tersebut dibutuhkan biaya yang tidak sedikit sebagai biaya investasi awal namun hal ini akan memberikan dampak positif jika dilihat dan dianalisis sepanjang siklus hidup sebuah bangunan ke depannya, hal ini dikarenakan secara tidak langsung dapat menekan biaya operasional sebuah bangunan dan mereduksi dampak negatif terhadap lingkungan. Dari segi *intangible benefit* dapat memberikan dampak positif berupa peningkatkan produktivitas, kesehatan dan kualitas hidup bagi penghuninya. Peran kebijakan Pemerintah dalam hal ini juga dibutuhkan untuk mendorong terwujudnya masyarakat konstruksi yang lebih mengedepankan konsep ramah lingkungan dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

RUSDI USMAN LATIEF
JAMES THOENGSAI

—❦— DUA —❦—

FAKTOR PENYEBAB TIMBULNYA SISA MATERIAL KONSTRUKSI

Faktor-Faktor Penyebab Timbulnya Sisa Material Konstruksi

Dalam beberapa kasus yang sering saya temukan di lapangan, banyak kontraktor dalam pelaksanaannya tidak memperhitungkan penggunaan material secara optimal dan efisien sehingga sering menimbulkan terjadinya sisa material yang jumlahnya dapat mempengaruhi rencana anggaran material yang selanjutnya berpengaruh terhadap tingkat keuntungan bagi pihak pelaksana/ Kontraktor. Hal ini bagi sebagian orang merupakan suatu kesempatan dalam memanfaatkan sisa material tersebut karena memiliki nilai ekonomis jika dijual terutama sisa material yang bersifat logam. Secara umum sisa material yang sering dijumpai dalam pelaksanaan konstruksi yaitu berupa material sisa potongan besi tulangan, *bekisting*/ cetakan kayu, campuran beton, acian, plesteran, cat, paku, kawat, dan masih banyak lagi material yang memiliki potensi menimbulkan sisa dalam pelaksanaannya. Adapaun faktor-faktor yang secara umum dapat menimbulkan terjadinya sisa material (*Sisa Material*), antara lain:

- **Proses pengiriman Material**, kondisi ini dapat memungkinkan terjadinya *sisa material* jika selama proses pengiriman sampai ke lokasi tidak dilakukan dengan benar atau tidak berjalan dengan lancar misalnya kesalahan dalam menyusun material saat pengiriman, kondisi perjalanan yang tidak mendukung misalnya kerusakan jalan yang dapat merusak kondisi material saat pengiriman dan juga proses pembongkaran material yang tidak

benar. Hal demikian sering menimbulkan sisa material akibat kerusakan yang ditimbulkan.

- **Adanya Perubahan Desain (*Redesign*)**, pada kondisi ini dengan adanya perubahan desain awal misalnya adanya perubahan yang dilakukan oleh konsultan perencana terhadap desain awal. Sehingga secara langsung dapat menimbulkan sisa material yang terbuang secara sia-sia dari pekerjaan yang telah dikerjakan.
- **Adanya perubahan pekerjaan oleh owner (*Change Order*)**, pada kondisi ini hampir mirip dengan perubahan desain tetapi pihak yang melakukan perubahan yaitu si pemilik proyek (*Owner*) yang tentunya dapat menimbulkan terjadinya sisa material yang telah dikerjakan. Karena umumnya proses perubahan desain oleh *owner* (*Change Order*) terjadi pada saat pekerjaan dikerjakan atau setelah pekerjaan selesai dikerjakan, jadi secara tidak langsung akan menimbulkan sisa material.
- **Adanya Pekerjaan Yang Diulang (*Rework*)**, kondisi ini biasanya terjadi pada pihak pelaksana yang mungkin diakibatkan oleh kurangnya skill dan komunikasi dari para pekerja atau pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksana proyek yang mengakibatkan terjadinya pekerjaan yang berulang-ulang sehingga tentunya dapat menimbulkan sisa material.
- **Kualitas Material**, kualitas material merupakan hal yang mempengaruhi tingkat dari sisa material pada proses pelaksanaannya, karena jika material konstruksi memiliki kualitas yang kurang maka akan mempengaruhi proses pelaksanaan dan tentunya akan menimbulkan sisa material. Misalnya jika kualitas campuran mortar untuk pekerjaan acian memiliki kualitas yang rendah tentunya pada saat pelaksanaan akan menimbulkan banyaknya campuran yang tidak dapat merekat dengan baik dan akhirnya menimbulkan sisa material yang tidak terpakai.
- **Keahlian/Keterampilan SDM (*Skill*)**, faktor ini mungkin merupakan faktor yang berperan penting dalam timbulnya sisa material dalam pelaksanaan, dimana banyak ditemukan di lapangan bahwa pekerja yang tidak memiliki keahlian/skill dalam

pelaksanaan sering menggunakan material secara tidak efisien. Peranan skill pekerja dalam menggunakan material secara efisien akan mereduksi timbulnya sisa material dalam pelaksanaan. Dalam hal ini peranan pelaksana/kontraktor dalam suatu proyek juga berpengaruh terhadap tingkat sisa material yang ditimbulkan, jika sistem manajemen pengawasan yang diterapkan oleh pihak pelaksana dilakukan dengan baik, tentunya akan mengurangi sisa material yang dapat ditimbulkan.

- **Cara penyimpanan Material di Lokasi Proyek**, cara penyimpanan juga berpengaruh dalam munculnya sisa material, dimana jika cara penyimpanan material yang tidak benar maka akan menimbulkan kerusakan material sehingga menghasilkan sisa material yang terbuang secara percuma. Misalnya proses penyimpanan material semen jika diletakkan pada landasan yang lembab atau basah tentunya akan merusak material semen tersebut.
- **Pengawasan**, Pengawasan merupakan hal yang tidak bisa lepas dari kegiatan pelaksanaan konstruksi. Kurangnya pengawasan yang optimal dapat menjadi sumber terjadinya penyimpangan terhadap pelaksanaan item pekerjaan di lapangan, dengan kata lain jika hal ini terjadi maka dapat meningkatkan risiko terjadinya pekerjaan yang menghasilkan *sisa* material.
- **Metode Kerja**, faktor ini sering dipengaruhi oleh tingkat keahlian dan keterampilan penggunaan sumber daya manusia dalam pelaksanaannya, metode kerja yang tidak benar dalam proses pelaksanaan akan berakibat pada munculnya pekerjaan yang tidak sempurna yang dapat menghasilkan pekerjaan berulang (*Rework*) yang tentunya akan menimbulkan penggunaan material yang tidak efisien.
- **Miss Komunikasi**, dalam aktivitas pekerjaan konstruksi, proses instruksi atau pengarahan kepada pekerja sangat ditentukan dari cara penyampaian atasan pada pekerja di bawahnya, oleh karena itu salah satu faktor penentu keberhasilan proyek konstruksi adalah cara komunikasi yang baik dimana komunikasi harus jelas dan tidak disalah artikan oleh pihak penerima arahan. Miss komunikasi dalam

aktivitas konstruksi hampir sering terjadi baik yang berdampak kecil maupun besar dan tentunya akan mengakibatkan kesalahan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan sehingga berpotensi menimbulkan pekerjaan *rework* yang berakibat pada penurunan efisiensi penggunaan material.

- **Informasi Kurang Jelas**, dalam hal ini erat kaitannya dengan proses komunikasi yang berlangsung dalam kegiatan konstruksi, yaitu dalam proses komunikasi terdapat informasi yang disampaikan dari pihak atasan kepada para bawahannya, sering ditemukan di lapangan bahwa komunikasi bersinergi dengan informasi yang disampaikan dimana jika proses komunikasi yang kurang jelas saat penyampaian maka kemungkinan informasi yang diterima akan berpengaruh. Informasi dalam proyek konstruksi bisa berasal dari pihak pemilik proyek seperti gambaran lokasi kerja, dari pihak konsultan berupa informasi gambar-gambar perencanaan, dari pihak supplier berupa informasi spesifikasi material dan jika informasi-informasi tersebut disampaikan secara kurang jelas atau salah maka pihak pelaksana dalam hal ini kontraktor akan melakukan pekerjaan yang menyimpang yang tentunya akan mengakibatkan pekerjaan berulang/*rework* sehingga berpotensi menimbulkan material sisa dan kerugian lainnya.
- **Kondisi Lapangan**, sering ditemukan dalam realita di lapangan dimana kondisi atau keadaan lokasi proyek juga dapat berpengaruh terhadap keberhasilan pekerjaan yang dikerjakan, sebagai contoh dalam suatu proyek dimana kualitas material yang diberikan memenuhi standar dan pekerja telah memiliki kompetensi yang cukup memadai, tetapi dari sisi lain ketika elemen pekerjaan telah selesai dikerjakan terjadi masalah pada kondisi tanah tepat pada elemen pekerjaan tersebut dikerjakan sehingga menimbulkan rusaknya pekerjaan yang telah dikerjakan dan tentunya mengakibatkan timbulnya material sisa.
- **Kesalahan Estimasi Volume Pekerjaan**, jika seorang *estimator* melakukan kesalahan dalam perhitungan volume item pekerjaan yang akan dilaksanakan tentunya akan berdampak pada timbulnya

sisa material yang tidak efisien, misalnya dalam hasil perhitungan kuantitas volume material ternyata melebihi dari yang digunakan secara aktual di lapangan dalam jumlah yang banyak, hal ini tentunya akan menghasilkan sisa material yang sangat berarti.

- **Keterlambatan Pengiriman Material,** Salah satu faktor penyebab timbulnya sisa material yaitu jika proses pengiriman material selama proses konstruksi mengalami keterlambatan sehingga untuk beberapa jenis material akan mengalami kerusakan dikarenakan menunggu dalam waktu yang cukup lama sehingga akan menimbulkan kerusakan dan tentunya secara tidak langsung menghasilkan sisa material.
- **Keterlambatan Pengambilan Keputusan,** Perlu disadari bahwa dalam proses pengambilan keputusan dalam proses konstruksi sering mengalami pertimbangan yang cukup lama sehingga jika hal demikian dilakukan dalam keadaan tertentu akan berpotensi dalam menyebabkan keterlambatan dalam pelaksanaan item pekerjaan konstruksi sehingga dampak tersebut juga dapat menimbulkan kerusakan material dalam durasi yang lama dan menimbulkan sisa selama konstruksi.
- **Perencanaan Yang Tidak Standar,** Salah satu faktor penyebab timbulnya sisa konstruksi yaitu jika selama proses perencanaan konstruksi seorang designer/konsultan mendesain dengan ukuran yang tidak standar sehingga pada saat pelaksanaan maka banyak potongan atau tambahan material yang tidak perlu sehingga secara otomatis menimbulkan sisa material. Hal demikian juga mungkin disebabkan karena kurangnya informasi mengenai jenis material yang dipakai.
- **Penyimpanan Material (Storage) Yang Tidak Layak,** Selama proses konstruksi penyimpanan sementara material stok sering dilakukan secara tidak layak sehingga sering sekali menimbulkan material yang rusak. Penyimpanan material di lokasi proyek harus memperhatikan metode penyusunan, melindungi dari paparan cahaya, air, menjamin keamanan gudang penyimpanan dari pencurian, menerapkan sistem *First In First Out* (FIFO), Memberikan label pada setiap

material agar mudah dicari serta menghindari penyimpanan material yang dapat merusak material lain.

- **Kondisi Peralatan Yang Tidak Layak**, Salah satu faktor lain juga menjadi pemicu timbulnya sisa material selama konstruksi yaitu penggunaan peralatan kerja yang sudah tidak layak/rusak sehingga menghasilkan hasil pekerjaan yang tidak optimal bahkan rusak dan menimbulkan sisa material.
- **Mendesain Dengan Pola Yang Rumit**, Faktor ini juga pada saat dilapangan menyulitkan para pekerja untuk membuat pola material yang begitu rumit, misalnya pola tegel yang berbentuk lengkungan, tentunya hal ini membutuhkan potongan material dan sisa yang cukup banyak. Oleh karena itu disarankan untuk mendesain dengan pola yang minimalis dan sesuai standar ukuran material di pasaran sehingga jumlah sisa yang dihasilkan dapat ditekan.
- **Penanganan Pengiriman Material Yang Buruk**, Penanganan material selama proses pengiriman juga menjadi penyebab timbulnya sisa material misalnya metode pengemasan yang tidak layak selama pengiriman, penyusunan material yang tidak layak, jumlah, spesifikasi material yang tidak sesuai serta metode bongkar muat material yang tidak layak.
- **Kebijakan Yang Tidak Diterapkan**, Salah satu bentuk penyebab timbulnya sisa selama konstruksi mungkin disebabkan karena pihak penyelenggara konstruksi jarang atau belum pernah menerapkan aturan berupa hukuman (*Punishment*) jika diketahui salah satu pekerja menghasilkan sisa material selama konstruksi dan penghargaan (*Reward*) jika pekerja dapat atau berhasil mereduski sisa material selama konstruksi. Hal ini juga didukung jika belum adanya peraturan perundang-undangan yang bersifat resmi mengenai Manajemen Sisa Material selama proses konstruksi.
- **Kebiasaan (*Behaviour*)**, Faktor ini merupakan faktor yang mendasar penyebab timbulnya sisa material di lapangan dikarenakan banyak pelaku jasa konstruksi yang merasa belum peduli dan tertarik dalam menerapkan sistem manajemen sisa material secara baik

selama proses konstruksi sehingga timbulnya sisa menjadi hal yang dianggap biasa.

- **Penggunaan Material Konvensional,** Faktor ini juga sering kali menimbulkan *sisa* material selama proses konstruksi. Sebagai contoh dimana penerapan metode pengecoran yang konvensional seperti penggunaan sistem bekisting dari bahan dasar kayu/bambu/multipleks akan menghasilkan jumlah sisa yang cukup banyak dibandingkan dengan penggunaan bekisting frabrikasi misalnya bekisting yang berbahan dasar metal atau fiber akan jauh mereduksi jumlah sisa selama konstruksi serta keuntungan lain juga dapat digunakan beberapa kali untuk proyek berikutnya. Contoh lain juga misalnya penggunaan elemen strukturbeton dengan sistem pengecoran konvensional akan jauh lebih banyak menghasilkan sisa material dibandingkan jika menggunakan material yang terfabrikasi (*Precash*).
- **Faktor Cuaca,** Faktor cuaca juga menjadi faktor penyebab timbulnya sisa material selama konstruksi, dimana beberapa jenis material jika terpapar kondisi cuaca akan menyebabkan kerusakan dan menghasilkan sisa, misalnya material semen jika terkontaminasi dengan air akan menyebabkan kerusakan, material cat jika terpapar matahari dalam durasi yang lama akan menyebabkan kerusakan serta beberapa jenis material yang sensitif terhadap kondisi cuaca. Oleh karena itu diperlukan manajemen penyimpanan (*Stotage*) material yang layak selama konstruksi agar terhindar dari kerusakan yang berpotensi menghasilkan sisa material.

Sekarang dalam kemajuan inovasi di bidang konstruksi, pemanfaatan sisa material dapat digunakan untuk item pekerjaan konstruksi, baik sebagai material baru atau sebagai material pendukung. Misalnya pemanfaatan sisa material besi tulangan yang dapat digunakan sebagai material pendukung penyambungan tulangan, proses daur ulang material besi sisa, penggunaan sisa material besi menjadi bekisting struktur dan masih banyak lagi inovasi-inovasi yang dapat terus dikembangkan demi meningkatkan efisiensi material proyek.

Tetapi upaya mereduksi tingkat sisa material yang utamanya harus terus dikembangkan dalam perkembangannya ke depan.

Dari faktor-faktor di atas tentunya dibutuhkan adanya pemahaman dalam pengelolaan penggunaan material dalam pelaksanaan, baik dari pihak perencana, supplier, pemilik proyek dan terlebih kepada pihak pelaksana/kontraktor yang akan menerima efeknya secara langsung terhadap anggaran material yang direncanakan dan apabila pengelolahannya dapat dilakukan dengan benar dan komitmen maka tingkat sisa material yang ditimbulkan dapat tereduksi secara perlahan-lahan. Semoga dengan topik ini kiranya dapat memberikan gambaran dan motivasi untuk mengurangi tingkat sisa material dalam pelaksanaan konstruksi ke depannya.

TIGA

KARAKTERISTIK DAN POTENSI SISA MATERIAL KONSTRUKSI



Perkembangan pembangunan saat ini tidak lepas dari aktivitas pelaksanaan konstruksi yang tentunya menghasilkan jumlah limbah material yang tidak sedikit. Dari hasil penelitian belakangan ini diperoleh fakta bahwa jumlah limbah konstruksi menjadi masalah serius di negara-negara berkembang dimana selain mempengaruhi terhadap aspek biaya juga mempengaruhi aspek lingkungan dan sosial.

Secara umum definisi *sisa* material adalah material yang tidak lagi memiliki nilai, manfaat, estetika atau dengan kata lain tidak diinginkan lagi oleh pemiliknya. Sedangkan *sisa* material konstruksi adalah sisa material yang timbul selama aktifitas konstruksi, renovasi maupun pembongkaran dimana sudah tidak memiliki nilai, manfaat atau tidak diinginkan lagi bagi pemiliknya

yang mungkin disebabkan secara langsung maupun tidak langsung. Dari definisi tersebut dapat dilihat tolak ukurnya yaitu pola pikir (*Rethink*) bagi setiap pemilikinya, dimana dalam hal ini setiap *stakeholder* dalam pelaksanaan konstruksi baik klien, kontraktor maupun konsultan memiliki pola pikir yang berbeda terhadap *sisa material* yang ditimbulkan, sebagai contoh timbulnya *sisa material* potongan kayu (*Bekisting*) di lapangan mungkin bagi satu atau beberapa pihak tidak memiliki manfaat lagi, namun bagi sebagian orang mungkin masih memiliki nilai manfaat untuk digunakan kembali (*Reused*) ataupun didaur ulang (*Recycle*). Dengan demikian diperlukan usaha extra untuk menyamakan pola pikir (*Rethink*) bagi semua *stakeholder* dalam proses penanganan *sisa material* selama proses konstruksi maupun sepanjang siklus hidup suatu bangunan.



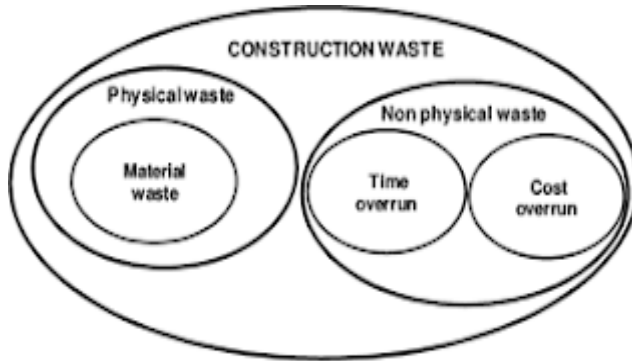
Gambar 3. Sisa Material Bongkaran Beton

Berdasarkan sumbernya *sisa material* konstruksi dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu *Consumable Material* dan *Non Consumable Material*, Dimana ***Consumable material*** adalah *sisa material* yang sumbernya berasal dari *material utama* (*Major Material*) yang menjadi bagian dari suatu elemen bangunan, seperti: semen, agregat, besi tulangan, besi profil baja, tegel, bata, mortar, genteng, pipa, kabel, dan

jenis utilitas lainnya. Sedangkan *Non-Consumable material* adalah sisa material yang sumbernya berasal dari material pendukung (*Support Material*) dimana tidak menjadi bagian dalam suatu elemen bangunan, seperti kemasan material/*packages* (*Cardboard, plastic*), balok kayu dan multipleks untuk bekisting, perancah, tali dsb.

Berdasarkan sumber penyebabnya sisa material dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu *Direct Sisa* dan *Indirect Sisa*. Dimana ***Direct sisa*** adalah sisa material yang timbul secara langsung dilapangan selama aktivitas konstruksi misalnya kesalahan dalam pemotongan, kecurian, rusak, kesalahan dalam pemasangan dsb. Sedangkan ***Indirect Sisa*** adalah timbulnya sisa material yang dikarekana secara tidak langsung akibat proses perencanaan, pengadaan dan pelaksanaan, sebagai contoh kesalahan dalam pemesanan dan perhitungan volume material ataupun kesalahan yang timbul akibat perubahan desain serta diakibatkan karena kelebihan volume material yang digunakan selama pelaksanaan dari volume yang telah direncanakan.

Berdasarkan wujudnya sisa material dapat dikategorikan menjadi dua yaitu *Physical Sisa* dan *Non-Physical Sisa*. Dimana ***Physical Sisa*** adalah *sisa* material yang wujudnya dapat dilihat secara fisik di lapangan misalnya material, peralatan kerja dll. *Physical sisa* sendiri dapat dibagi menjadi *Solid Sisa* (Limbah Padat), *Liquid Sisa* (Limbah Cair) dan *Gas Sisa* (Limbah gas). Sedangkan ***Non-Physical Sisa*** adalah *sisa* material yang wujudnya tidak nampak secara fisik di lapangan, misalnya keterlambatan pekerjaan (*Overun Scheduled*), pembengkakan biaya proyek (*Overun Cost*), Kualitas yang tidak sesuai standar, Citra atau nama baik perusahaan dsb.



Gambar 4. (Sumber: [Sasitharan Nagapan, 2011](#))

Potensi Limbah Material Konstruksi

Setiap material sisa atau limbah memiliki potensi untuk digunakan ataupun didaur ulang kembali jika diketahui cara dan poses pengelolannya. Jika dilihat dari proses penanganan (*Handling*) limbah material mulai dari proses pengumpulan (*Collection*), Pemisahan (*Separate*), Pemilahan (*Sorting*) sampai penyimpanan (*Storage*) tentunya membutuhkan suatu tindakan pasca proses tersebut dilakukan. Adapun beberapa alternatif yang dapat dipilih dalam proses akhir penanganan sisa material selama proses konstruksi maupun renovasi/pembongkaran (*Demolition*) suatu bangunan antara lain:

- Menjual (*Selling*): Alternatif ini menjadi pilihan yang cukup banyak dilakukan khususnya pada sisa material yang memiliki nilai ekonomis seperti besi tulangan, potongan baja, kemasan material seperti karton (*Cardboard*) maupun plastik. Dengan menjual tentunya memiliki nilai tambah dalam hal perolehan hasil jualan (*Revenue from selling*).
- Menyimpan (*Collect*): Alternatif ini menjadi pilihan yang cukup baik jika terdapat potensi sisa material bangunan yang masih layak untuk digunakan kembali (*Reused*) atau diperbaiki (*Repair*) baik untuk keperluan pribadi maupun untuk digunakan pada proyek berikutnya, namun alternatif ini membutuhkan tempat (*Storage*)

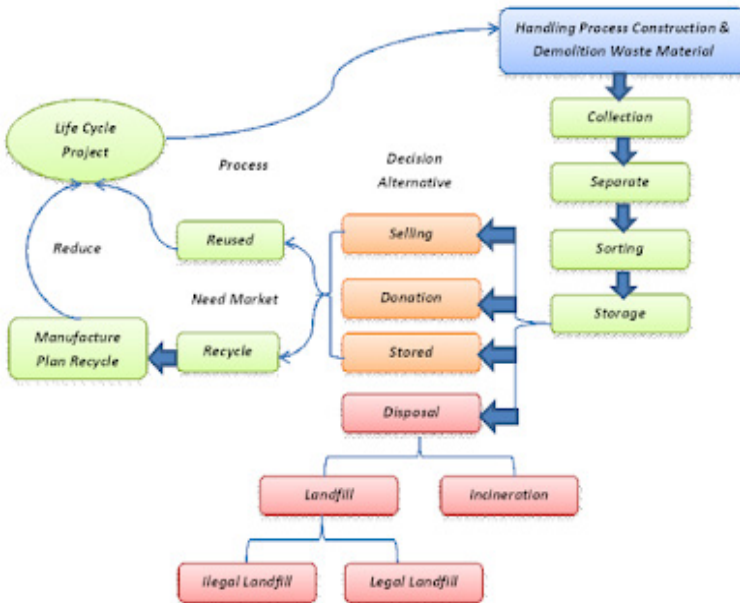
PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KOSTRUKSI

untuk mengumpulkan material yang berpotensi untuk digunakan kembali.

- Mendonasikan (*Donation*): Alternatif yang dapat digunakan juga yaitu dengan mendonasikan sisa material setelah proses konstruksi maupun demolition pada pihak ketiga yang membutuhkan.



- *Disposal*: Alternatif ini merupakan alternatif yang sebaiknya dihindari (*Last Desirable*) yang merupakan alternatif terakhir jika alternatif diatas tidak dapat diaplikasikan lagi. Alternatif ini tentunya menghasilkan biaya extra antara lain *Transportation Cost* dan *Tax Landfill Cost* dan juga memberikan efek pada keterbatasan lahan buangan (*Landfill*).



**Gambar 5. Alur Proses Penanganan Sisa Material Konstruksi
(Thoengsal James, 2018)**

Potensi pengelolaan daur ulang (*Recycle*) dari sisa material konstruksi maupun dari proses *demolition* pada suatu bangunan maupun infrastruktur telah banyak diaplikasikan dengan tujuan untuk mencapai keberlanjutan suatu pembangunan (*Sustainable*). Sebagai contoh yaitu daur ulang bongkahan beton, bata, tegel dan dinding untuk diolah menjadi material yang memiliki nilai dan manfaat menjadi material konstruksi baru seperti menjadi agregat halus, agregat kasar, paving block, bata dinding maupun produk material konstruksi lainnya. Perkembangan teknologi material ramah lingkungan juga telah banyak menggunakan bahan baku dari limbah plastik untuk dibuat menjadi material konstruksi seperti dinding.



Gambar 6. Proses *Recycle* Limbah Bongkahan Bata dan Beton



Gambar 7. Contoh Aplikasi Daur Ulang Limbah Plastik Menjadi Elemen Material Bangunan

Perlu disadari bahwa kendala penerapan penggunaan material daur ulang (*Recycle*) pada suatu bangunan baru (*New Building*) pada awalnya memang sulit untuk diterapkan dikarenakan oleh beberapa

alasan baik aspek kualitas, estetika dll. Oleh karena itu pentingnya peran pemerintah dalam mendukung dan mendorong penggunaan material daur ulang (*Recycle*) ataupun penggunaan material kembali (*Reused*) berupa kebijakan dan aturan. Sampai saat ini Undang-Undang yang mengatur mengenai Pengelolaan Lingkungan hidup tertuang dalam UUD No. 32 Tahun 2009 dan UUD 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah secara umum beserta standar internasional ISO 14001 tentang Sistem Manajemen Lingkungan bagi setiap perusahaan yang menerapkan standar tersebut, namun seharusnya diperlukan juga regulasi ataupun manual yang secara khusus mengatur pengolahan *sisa* material pada saat konstruksi maupun pembongkaran (*Demolition*) suatu bangunan maupun infrastruktur agar dapat diterapkan oleh setiap *stakeholder*/penyelenggara konstruksi ke depannya. Dalam hal ini juga diperlukan peran market dalam hal ini pihak pengepul dan pengelolah limbah material konstruksi berupa pihak industri (*Recycle Plan Manufacture*) dalam mendukung terciptanya rantai pasok *recycle material* selama siklus hidup suatu bangunan.

TABLE IV
SUMMARY OF RECYCLED USE OF SOLID WASTE IN BUILDING MATERIALS

Solid waste	Recycling Technology	Recycled Use in building materials
Plastic	Transesterification	Concrete/Mortar, resin binder (for polymer concrete).
	Crushed into Aggregate Grind to powder	Fine aggregate, Thermoformable (wood plastic fibre) composite
Textile	Cut Into Fibre	Lightweight concrete, Cement mortar elements, Insulation materials, reinforced concrete, Bricks
Metal	Melt	Recycled steel, blended cement,
	Reuse	Aggregate in high strength concrete and lightweight concrete, cementitious paste, bricks
Glass	Reuse	Recycled window unit, cement
	Crushed into Aggregate Grind to powder	replacement, filling material, recycled aggregate, tile, paving block, brick
Paper	Pulp (blended) Fibre (Shredded)	Fibre reinforced cement composite, wall panel, building block, brick, thin cement sheet, low density board, composite panel.
Wood	Reuse	Plank, beam, door, floor boards, rafter etc.
	Crushed into Aggregate Combined with other materials	Lightweight aggregate Woodcrete (sawdust+ waste paper+ Lime) Wood chip concrete
Concrete	Crushed into Aggregate	Recycled aggregate, e.g. Coarse or Fine aggregate, Concrete bricks, Paving blocks

Tabel 1. List material bangunan beserta Potensi untuk direcycle

RUSDI USMAN LATIEF
JAMES THOENGSAI

EMPAT

FAKTOR PENGHAMBAT PENERAPAN MANAJEMEN SISA MATERIAL KONSTRUKSI



Sisa material secara umum memiliki defenisi yang sangat luas tergantung dimana asal mula timbulnya *sisa* tersebut. Secara umum *sisa* dapat ditimbulkan pada industri manufaktur, rumah tangga, hunian, perkantoran dsb, tetapi pada topik kali ini hanya berfokus pada *sisa* yang ditimbulkan pada industri konstruksi dimana *sisa* yang dihasilkan berupa sisa material baik yang masih dapat digunakan maupun *sisa* yang sama sekali tidak dapat digunakan. Telah banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui proporsi *sisa* material yang sering ditimbulkan selama proses konstruksi, dimana rata-rata diperoleh limbah material konstruksi menyumbang disefisiensi biaya proyek sekitar 10-15% dari total biaya proyek. Hal ini merupakan salah satu aspek yang berdampak pada kinerja biaya suatu pelaksanaan proyek. Sekitar 75% volume limbah konstruksi yang dapat direcovery baik didaur ulang atau digunakan ulang antara lain limbah kayu, kardus, bata dan metal.



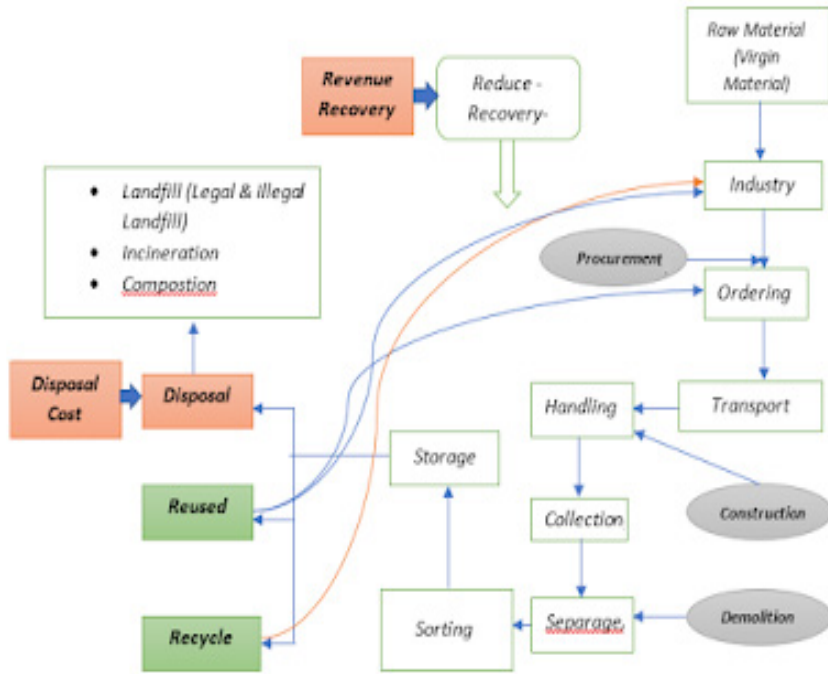
Gambar 7. Proporsi Sisa Material Konstruksi

Konsep dasar untuk mereduksi dampak limbah material konstruksi dapat dilihat dari diagram hirarki piramida dimana *top desirable* merupakan tindakan pencegahan kemudian dilanjutkan dengan upaya untuk meminimalkan limbah, menggunakan ulang kembali limbah material, kemudian upaya mendaur ulang limbah material dan *least desirable* yaitu pembuangan limbah material ke *landfill* yang merupakan alternative yang paling tidak diinginkan atau dihindari dalam upaya implementasi manajemen *sis*a material konstruksi.



Gambar 8. Hierarchy Minimize Sisa Material Construction

Rantai siklus timbulnya *sisa* material selalu dimulai dari proses pengambilan bahan baku material di alam (*raw material*) dan selanjutnya melalui proses produksi di pabrik sesuai dengan spesifikasi model material yang dibuat, kemudian selanjutnya proses pemesanan (*ordering*) material sesuai volume dan jenis material yang dipesan, realita di lapangan bahwa material yang dipesan kadang melebihi dari yang direncanakan (*over estimated*) sehingga berpotensi menimbulkan limbah material pada proses konstruksi. Tahap selanjutnya yaitu proses pengiriman (transportasi) material ke lokasi proyek. Setelah material tiba di lokasi dilakukan proses penanganan material berupa penyimpanan material (*storage*) dimana jika manajemen dilakukan dengan baik maka proses penyimpanan material dilakukan dengan standar agar menghindari kerusakan selama konstruksi. Tahap selanjutnya yaitu pengumpulan limbah material selama konstruksi (*collection*) dalam suatu bak (*box*) kemudian dilakukan tahap pemisahan (*segregation*) limbah material berdasarkan jenis kandungannya misalnya limbah agregat, pecahan bata, potongan rebar/baja, kayu, triplex, kaca, karet, kardus kemasan material, kawat, kabel dsb. Kemudian dilanjutkan dengan proses penyeleksian (*sorting*) dimana bertujuan untuk memisahkan limbah yang betul-betul dapat digunakan ulang (*reused*), didaur ulang (*recycle*) atau tidak dapat digunakan lagi sehingga harus dibuang (*disposal*). Tahap terakhir yaitu proses *decision making* apakah limbah material konstruksi dapat digunakan kembali (*reused*), didaur ulang (*recycle*) atau dibuang (*disposal*), apakah dengan cara dijual langsung ke market pengepul atau ke industry yang menginginkan mendaur ulang atau menggunakan kembali limbah material konstruksi, cara kedua juga dapat disumbang atau sebaliknya menjadi biaya yang harus dikeluarkan (*disposal cost*) untuk mengangkut limbah material ke lokasi pembuangan (*landfill*).



Gambar 9. Life Cycle Sisa Material (Thoengsal James, 2017)

Perlu diketahui juga bahwa proses pembuangan limbah material konstruksi memiliki tiga perlakuan antara lain pertama dibuang langsung ke lokasi pembuangan (*landfill*) dapat secara legal ataupun *illegal landfill* dengan membuang di lokasi yang tidak seharusnya dibuang, kedua dengan pembarakan (*incineration*) dimana dampak secara visual dan volume akan berkurang tetapi memiliki dampak negatif terhadap pencemaran udara dan ketiga dengan mengubur limbah material tersebut (*compostion*) yang tentunya harus mempertimbangkan dampak pencemaran terhadap tanah dan air tanah khususnya jika limbah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Timbulnya limbah material konstruksi umumnya terjadi pada tahapan pelaksanaan dan demolition, dimana proses perencanaan menjadi kunci penting dalam mereduksi dampak *sisa* yang akan ditimbulkan. Perencanaan yang baik sebaiknya mempertimbangkan aspek penggunaan/pemilihan

jenis material dan tipe desain konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Implementasi manajemen *sisa* material sepertinya menjadi hal yang perlu untuk diterapkan di industri konstruksi khususnya di Indonesia antara lain oleh pihak konsultan, kontraktor dan pemilik konstruksi mengingat tren *green construction* telah memasuki negara-negara berkembang saat ini. Namun perlu disadari bahwa upaya untuk meminimalisir limbah material konstruksi memiliki banyak hambatan untuk diterapkan antara lain:

- ***Type of Project***, setiap proyek memiliki keunikan (*Project is unique*) tersendiri hal ini juga mempengaruhi jenis dan volume limbah material konstruksi untuk setiap jenis proyek. Tentunya proyek bangunan gedung menghasilkan *sisa* material yang berbeda dengan jenis proyek lain seperti jalan, drainase dsb. Sehingga untuk setiap jenis proyek konstruksi memiliki tantangan dan strategi/manual dalam proses penanganan *sisa* material.
- ***Space Site Location***, Setiap proyek memiliki karakteristik luas area yang berbeda-beda walaupun untuk jenis proyek yang sama, hal ini menjadi salah satu penghambat dalam penerapan manajemen *sisa* material khususnya dalam proses penanganan, penyimpanan (*storage*), pengumpulan (*collect*), pemisahan (*separage/segregation*), penyortiran (*sorting*) tentunya memerlukan space area yang cukup untuk melakukan semua hal tersebut.
- ***Experiences & Education***, Setiap *stakeholder* memiliki pengalaman dan latar belakang yang berbeda-beda dalam penanganan *sisa* material konstruksi. Sebuah perusahaan baik konsultan, kontraktor maupun pemilik konstruksi memiliki latar belakang pengalaman dan informasi pengetahuan yang berbeda-beda. Melalui training dalam manajemen *sisa* material konstruksi maka setiap *stakeholder* akan memiliki kompeten serta SOP untuk diterapkan di setiap proyek yang dikerjakan dimana hal ini juga harus didukung dengan adanya manual standar yang jelas untuk diimplementasikan.

- **Market**, Proses manajemen *sisa* material konstruksi akan bermuara pada proses *reused, recycle dan disposal*. Hal ini tentunya memerlukan ketersediaan market yang dapat mengelolah *sisa* material baik untuk digunakan ulang, didaur ulang maupun dibuang langsung ke *landfill*. Peran market dalam hal ini juga memiliki potensi yang cukup signifikan dalam penerapan manajemen *sisa* material, dikarenakan jika ketersediaan market terbatas maka rantai pasok *sisa* material juga akan terganggu. Di negara-negara maju market *sisa* material konstruksi menjadi alternatif *material shop* bagi kontraktor sehingga tentunya menjadi ladang usaha yang baru.
- **Biaya**, Dalam hal ini umumnya untuk pelaksanaan proyek konstruksi dalam tahap kontrak sangat jarang memasukkan biaya untuk *management sisa material* misalnya untuk membeli peralatan box/bin sampah, *storage cost, sorting cost, separage cost, dan sisa cost prevention*. Sehingga dalam pelasaannya kadang timbulnya *sisa* material tidak menjadi hal yang diperhatikan dan hanya menjadikan sebagai beban biaya dalam proyek. Tetapi jika dianalisis lebih lanjut dampak *sisa* material selama konstruksi bahkan demolition juga menimbulkan *overuncost* berupa *disposal cost* antara lain *transportation sisa material, landfill cost*, meningkatkan biaya pembelian material baru & *labour cost*.

$$\text{Disposal Cost} = (\text{Transport Cost} + \text{Landfill Tax Cost} + \text{Inefficiency Purchasing Material}) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Revenue Recovery} = (\text{Efficient Purchasing Raw Material} + \text{Saving Sisa Transportation} + \text{Saving Landfill Tax} + \text{Revenue from Selling Sisa Material}) \dots\dots\dots (2)$$

- **Quality Material**, Salah satu hambatan penerapan manajemen *sisa* material konstruksi yaitu asek kualitas material, kebanyakan pihak pemilik, konsultan maupun kontraktor ragu untuk menggunakan material *recycle* atau menggunakan ulang material pasa demolition untuk digunakan kembali pada proyek baru. Hal ini tentunya tidak

menjadi hambatan jika proses *sorting* dan *recycle* dilakukan dengan baik dengan tetap mengutamakan aspek kualitas material sehingga dapat menjadi peluang market baru dalam mewujudkan bangunan ramah lingkungan dan berkelanjutan.

- **Waktu**, Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi waktu menjadi hal yang penting dikarenakan suatu proyek dibatasi oleh rencana waktu yang telah ditentukan. Manajemen *sisa* material dalam pelaksanaannya juga membutuhkan ketersediaan waktu dalam penanganannya antara lain waktu penyimpanan material, pemisahan limbah material, waktu penyotiran dsb, sehingga jika diterapkan maka cenderung mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek. Tetapi hal ini juga dapat diterapkan jika sebelumnya telah direncanakan dalam kontrak menggunakan sub pekerja atau kontraktor yang dapat secara khusus menangani limbah material selama konstruksi.
- **Behaviour**, Perilaku dan kebiasaan setiap *stakeholder* juga menjadi hambatan dalam implementasi penerapan manajemen *sisa* material konstruksi. Hal ini menjadi masalah yang fundamental dikarenakan setiap orang memiliki karakter yang berbeda-beda, sebagai contoh kebiasaan membuang sisa potongan besi, kemasan material di sembarang tempat pada lokasi proyek. Perilaku dalam suatu manajemen dapat diubah misalnya dengan melakukan proses training, edukasi, penerapan aturan *punishment & reward*, *pengawasan* dan SOP yang baik, walaupun tentunya membutuhkan waktu yang tidak singkat tetapi jika dilakukan secara terus menerus akan menjadi sebuah kebiasaan yang baik.
- **Peraturan/Regulasi**, Peraturan maupun kebijakan yang mewajibkan penerapan manajemen pengelolaan *sisa* material oleh setiap *stakeholder* pada industri konstruksi juga menjadi salah satu faktor penting. Salah satu kendala penerapan manajemen pengelolaan *sisa* material konstruksi yaitu jika peraturan ataupun kebijakan belum diterapkan dan disosialisasikan dengan baik kepada pelaku jasa konstruksi, dengan adanya peraturan dan manual yang jelas dapat mendorong pelaku jasa konstruksi untuk lebih menerapkan manajemen *sisa* material dalam setiap aktifitas proyek

yang dilaksanakannya terlebih jika unsur *reward* dan *punishment* ditetapkan di dalamnya.

Faktor-faktor yang menjadi penghambat tersebut dapat direduksi dengan melakukan perencanaan yang baik. Tentunya hal ini memerlukan kesadaran, peraturan yang tegas dan manual standar untuk diterapkan dalam industri konstruksi di Indonesia. Melihat sumber daya alam sebagai bahan baku material (*raw material*) semakin menipis, juga harganya yang semakin meningkat serta dampak yang ditimbulkan baik aspek lingkungan, biaya dan social, sehingga implementasi manajemen *siswa* material konstruksi sudah saatnya menjadi hal yang penting untuk diterapkan oleh setiap *stakeholder* baik konsultan, kontraktor maupun pemilik proyek.

LIMA

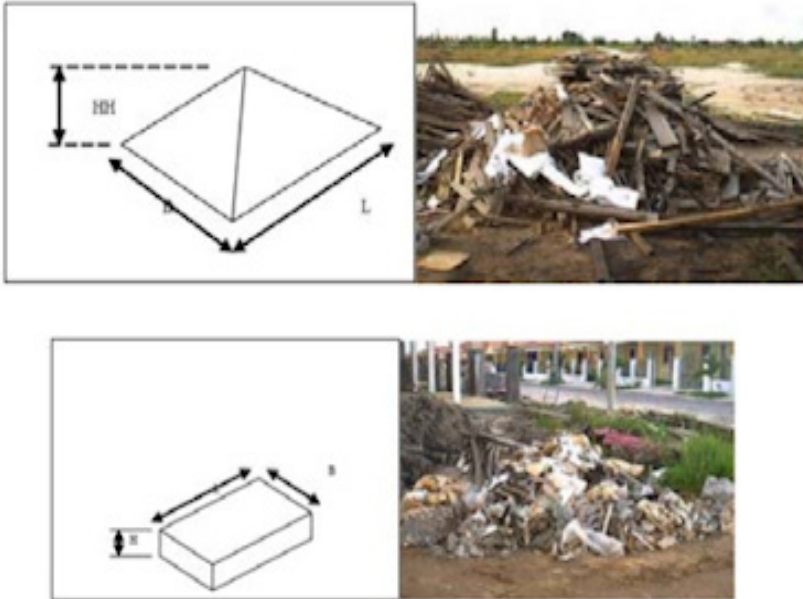
ESTIMASI VOLUME SISA MATERIAL KONSTRUKSI

Estimating Volumes Waste Construction

Pada topik sebelumnya telah dijelaskan mengenai faktor-faktor penyebab timbulnya sisa material konstruksi, kendala implementasi penerapan manajemen sisa material konstruksi dan karakteristik serta potensial sisa material konstruksi. Dalam topik ini akan lebih difokuskan mengenai beberapa cara estimasi volume sisa material yang biasa ditimbulkan pada tahap konstruksi selama ini. Defenisi dasar sisa material konstruksi yang perlu diingat kembali yaitu material yang sudah tidak diinginkan lagi (*unwanted*) dan sudah tidak digunakan lagi selama proses tahapan konstruksi, renovasi, perbaikan sampai pembongkaran baik yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung. Perlu diketahui juga bahwa nilai volume dari sisa material yang ditimbulkan selama ini sulit untuk diukur secara pasti dan akurat mengingat bahwa besarnya nilai volume sisa material sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis konstruksi yang dikerjakan, skala proyek konstruksi dan tahapan yang dikerjakan selama siklus hidup proyek. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan selama ini khususnya

dalam proses metodologi pengumpulan data volume sisa material, secara umum dapat dilakukan dengan cara:

- **Observasi**, metode pengumpulan data volume sisa material dengan teknik observasi atau pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan sudah menjadi cara yang dianggap paling *real* dalam menentukan proporsi volume sisa material yang dihasilkan selama konstruksi, berdasarkan satuan yang telah ditentukan baik berat maupun volumenya. Metode observasi/pengamatan langsung dilapangan dapat dilakukan dengan cara melakukan pengamatan serta pengukuran langsung di lapangan guna menghitung besarnya nilai volume sisa material yang ditimbulkan pada suatu jenis proyek. Ada beberapa teknik pengukuran yang biasa dilakukan misalnya dengan menggunakan metode pengukuran volume dengan membentuk bongkahan sisa material dalam bentuk kotak yang dijadikan media dalam pengukurannya serta ada juga dengan menggunakan teknik pengukuran model limas dengan menghitung besarnya ukuran gundukan sisa material yang telah dikumpulkan (*Collection*) dan selanjutnya menghitung volume dari hasil pengukuran luas area dasar dan tinggi gundungan sisa material tersebut.



Gambar 10. Beberapa metode pengukuran langsung dalam perhitungan quantity volume sisa material konstruksi (Sumber: S.M. Elgizawy dkk)

- **Analisis Laporan Volume**, metode analisis juga dapat digunakan dalam mengestimasi besarnya quantity volume sisa material yang dihasilkan selama konstruksi, dimana metode analisis membutuhkan data berupa volume material yang diorder/dipesan sesuai rencana, volume material yang terpasang atau terpakai secara aktual di lapangan serta volume material yang tersisa tetapi masih diinginkan dan dapat digunakan kembali. Hal yang penting yang perlu diperhatikan dalam metode ini yaitu diperlukan data laporan rekapitulasi volume material yang aktual selama proses konstruksi guna memperoleh nilai estimasi yang akurat. Secara umum metode ini merupakan metode dasar perhitungan volume sisa material yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Volume Sisa Material} = (\text{Volume Material Order} - \text{Volume Material Terpasang} - \text{Volume Material Yang Masih Dapat Digunakan})$$

- **Kuesioner**, metode ini dapat dijadikan metode alternatif dan pembandingan dari kedua metode yang telah diuraikan. Metode kuesioner serta wawancara biasanya ditujukan langsung kepada pihak yang paham dan ahli dalam manajemen sisa material konstruksi, dimana teknik kuesioner dan wawancara bertujuan untuk mengetahui seberapa besar estimasi proporsi volume sisa material yang sering ditimbulkan selama proses konstruksi berdasarkan pengalaman dan sumber-sumber yang diketahui dan dipahami dari para responden. Teknik ini bisanya dilakukan sebagai pembandingan atau jika metode observasi dan analisis tidak memungkinkan untuk dilakukan di lapangan.

Perhitungan proporsi sisa material konstruksi pada dasarnya dapat dikonversi berdasarkan satuan yang hendak ditentukan keseragamannya sejak awal, secara umum proporsi sisa material konstruksi dapat dikonversikan dalam satuan berat (Kg;ton), volume (m^3 ;ft³), biaya (Besarnya proporsi inefisiensi biaya yang ditimbulkan) serta ada pula beberapa referensi yang menggunakan satuan luasan dalam menentukan proporsinya. Tentunya penentuan satuan proporsi tersebut disesuaikan dengan ketersediaan data yang didapatkan. Penentuan besarnya volume sisa material konstruksi berdasarkan jenisnya bertujuan untuk mengetahui besarnya proporsi volume sisa material yang selama ini ditimbulkan selama proses konstruksi dan tentunya dapat memberikan gambaran besarnya dampak pemborosan biaya (*Inefficiency Cost*) yang selama ini dihasilkan yang mungkin banyak dari pihak penyelenggara konstruksi belum menyadari akan hal tersebut (*Hidden Cost*) dan juga dari aspek lingkungan serta sosial jika dianalisis secara komprehensif. Sehingga dari hasil laporan volume sisa material serta dampak yang dihasilkan terhadap pemborosan biaya, lingkungan maupun sosial, kiranya dapat menjadi dasar dalam penerapan manajemen sisa material secara optimal bagi penyelenggara konstruksi secara integrasi mulai dari tahap perencanaan-perancangan, pengadaan dan konstruksi ke depannya.

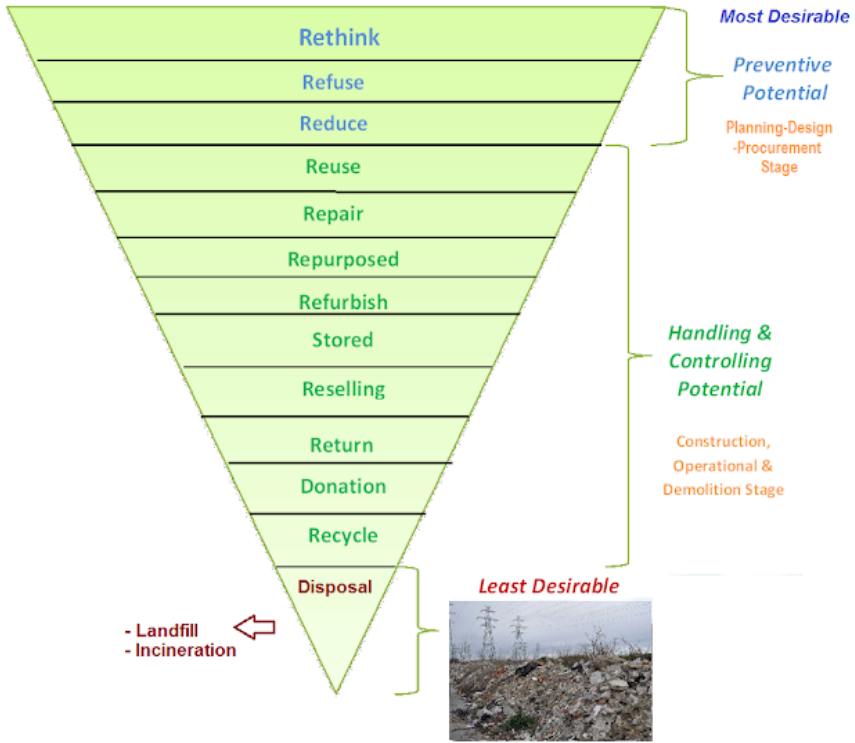
ENAM

KONSEP HIRARKI MANAJEMEN SISA MATERIAL KONSTRUKSI

Secara umum konsep hirarki manajemen *sisa* memiliki beberapa poin berupa upaya-upaya yang dapat diterapkan dalam mengurangi jumlah timbulnya *sisa* yang dihasilkan berdasarkan jenis dan sumber sisa material yang dihasilkan. Namun dalam topik ini akan lebih difokuskan pada konsep hirarki secara integrasi dari tahap potensial dalam pencegahan sampai tahap potensial pengendalian dan penanganannya dalam industri konstruksi. Secara garis besar konsep hirarki sisa material konstruksi memiliki dua arah yang saling bertolak belakang antara lain arah yang sangat diharapkan (*Most Desirable*) dalam upaya mereduksi jumlah sisa material dan arah yang tidak diinginkan/diharapkan (*Least Desirable*) yang berpotensi dalam menghasilkan sisa material.

Beberapa teori menyebutkan bahwa “sisa material konstruksi tidak dapat dihindari atau sebuah keniscayaan” namun “setidaknya dapat direduksi” jika konsep manajemen dapat dijalankan secara optimal oleh semua pihak. Oleh karena itu tantangan kedepannya yang harus diupayakan bagi para penyelenggara konstruksi mulai dari pihak perencana/konsultan, kontraktor, owner maupun pihak supplier material yaitu bagaimana mencapai arah yang diharapkan tersebut guna menekan dampak yang ditimbulkan baik dari aspek biaya dimana menimbulkan pemborosan biaya material konstruksi, lingkungan serta dampak sosial yang ada di sekitarnya. Secara integrasi konsep hirarki manajemen sisa material konstruksi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Hierarchy Concept Management Construction & Demolition Waste



Gambar 11. *Hierarchy Concept Management Construction & Demolition Sisa* (Thoengsal. J, 2020)

Preventive Potential

- **Rethink**, poin ini memiliki makna dalam upaya menyamakan *mindsite*/pemikiran sejak awal dalam upaya mereduksi sisa material sejak dini. Peran pihak penyelenggara konstruksi dalam hal ini harus memiliki kesadaran awal sebelum memutuskan konsep, desain, metode dan jenis material yang hendak direncanakan. Proses *rethink* merupakan poin yang sangat mendasar dan penting dalam menyamakan *mindset* /pemikiran setiap stakeholder dalam upaya mereduksi *sisa* sejak awal. Tentunya hal ini membutuhkan proses edukasi, kesadaran dan pemahaman yang baik dalam mewujudkan hal tersebut.

- **Refuse**, poin selanjutnya yaitu upaya dalam mereduksi sisa material konstruksi dengan cara menolak sejak awal sebagai bentuk pencegahan dari hal-hal yang dapat dan berpotensi menimbulkan sisa material selama proses konstruksi baik berupa penolakan terhadap konsep desain, jenis material, metode, peralatan kerja, tenaga kerja dll yang dirasa memiliki potensial menimbulkan sisa material konstruksi kedepannya.
- **Reduce**, poin ini merupakan salah satu upaya pencegahan dan menekan timbulnya sisa material selama proses konstruksi dengan cara mereduksi pemakaian sumber daya material yang dirasa memiliki potensial dan risiko dalam menimbulkan sisa material selama proses konstruksi. Contoh lain misalnya upaya mereduksi jumlah volume material yang berpotensi menimbulkan sisa selama pelaksanaan dengan cara tidak menggunakan material tersebut melalui beberapa cara antara lain dengan mengganti atau mensubstisusi dengan material lain yang bersifat atau memiliki potensial “*Low Sisa*”.

Controll-Handling Potential

- **Reuse**, poin ini memiliki makna dimana upaya penanganan dan pengendalian dengan cara menggunakan ulang sisa material konstruksi yang masih layak digunakan, mulai pada tahap perencanaan, pelaksanaan maupun sampai tahap pembongkaran baik untuk fungsi yang sama maupun fungsi yang berbeda. Dengan menggunakan ulang kembali material kiranya dapat mereduksi dan menekan jumlah sisa material konstruksi dan juga dari aspek biaya dapat mereduksi anggaran konstruksi terlebih jika material tersebut merupakan kategori *major sisa*. Misalnya menggunakan kelebihan sisa material semen, *ready mix concrete*, *rebar* dll.
- **Repair**, poin ini bertujuan untuk mengendalikan timbulnya sisa material konstruksi dengan upaya melakukan perbaikan pada sisa material yang sudah tidak layak untuk digunakan menjadi layak dan dapat digunakan kembali dalam proses konstruksi suatu bangunan.

Upaya ini tentunya membutuhkan inovasi dan keterampilan dalam penerapannya.

- **Repurposed**, upaya ini merupakan lanjutan dari tahap repair dimana dalam proses *repurposed* bertujuan untuk meningkatkan nilai, kualitas serta fungsi dari sisa material konstruksi yang dihasilkan. Upaya ini juga membutuhkan inovasi dan kreativitas dalam implementasinya.
- **Refurbish**, poin ini hampir sama dengan proses repair dimana juga memiliki fungsi yang sama yaitu mengembalikan fungsi dan kualitas dari timbulnya sisa material konstruksi yang sudah tidak layak lagi untuk digunakan menjadi layak untuk digunakan kembali.
- **Stored**, poin ini merupakan proses pengambilan suatu keputusan dalam upaya mereduksi sisa material konstruksi, dimana sisa material yang masih layak untuk digunakan kembali dapat dikumpul dan disimpan pada suatu tempat (*Storage*) untuk digunakan kembali jika dibutuhkan. Tentunya tempat penyimpanannya harus memenuhi syarat penyimpanan yang baik (*Storage handling*) misalnya aman dari risiko pencurian, tidak terpapar cahaya matahari, air hujan, disusun dengan baik, dan terhindar dari potensi kebakaran.
- **Reselling**, poin ini juga merupakan proses pengambilan suatu keputusan dalam upaya mereduksi kelebihan sisa material konstruksi dengan cara menjual kembali sisa material yang tentunya masih layak untuk digunakan baik dari segi fungsi, jumlah maupun kualitasnya kepada pihak lain. Dengan menjual kembali tentunya sisa material tersebut dapat meningkatkan efisiensi biaya material konstruksi.
- **Return**, upaya ini juga dapat dilakukan pihak pelaksana konstruksi dengan mengembalikan kelebihan sisa material yang masih layak digunakan kepada pihak supplier material guna menekan pemborosan biaya konstruksi. Tentunya hal ini dibutuhkan kebijakan dan perjanjian sejak awal antara pihak supplier material dengan pihak pelaksana jika terjadi kelebihan penggunaan material selama konstruksi.

- **Donation**, upaya ini juga merupakan salah satu pilihan keputusan pihak pelaksana konstruksi dalam upaya mereduksi sisa material selama proses konstruksi yang sifatnya lebih ke arah sosial yaitu dengan menyumbangkan kelebihan sisa material kepada pihak tertentu yang dirasa membutuhkan. Dengan menyumbangkan kelebihan sisa material tentunya juga turut membantu dalam upaya menekan jumlah pembuangan sisa material konstruksi di tempat pembuangan akhir (TPA).
- **Recycle**, upaya ini merupakan upaya terakhir jika sisa material konstruksi sudah tidak dapat digunakan, diperbaiki dan membutuhkan suatu proses daur ulang khusus. Proses daur ulang tentunya membutuhkan infrastruktur berupa *manufacture recycle plant* secara spesifik terhadap jenis sisa material yang akan didaur ulang. Proses *recycle* juga memiliki fungsi akhir dalam upaya menekan jumlah sisa material konstruksi yang terbuang di TPA. Output dari proses *recycle* dapat berupa hasil daur ulang menjadi fungsi material yang sama dari sebelumnya atau menjadi fungsi yang berbeda dari sebelumnya, begitu juga dengan output kualitasnya dapat menghasilkan kualitas yang sama dengan material sebelumnya, kualitas yang lebih rendah (*Downcycle*) atau kualitas material yang jauh lebih baik (*Upcycle*).

Dari paparan poin konsep hirarki manajemen sisa material konstruksi di atas, tentunya dapat memberikan dampak *recovery* terhadap material konstruksi yang berasal dari alam sebagai bahan baku (*Raw Material*) guna menjaga ketersediaan dan kapasitas sumber daya alam. Dengan demikian jika hal tersebut dapat dilaksanakan dengan optimal oleh setiap penyelenggara konstruksi kiranya konsep konstruksi yang berkelanjutan (*Sustainable Construction*) dapat terwujud kedepannya.

RUSDI USMAN LATIEF
JAMES THOENGSAI

—❖❖❖— TUJUH —❖❖❖—

APLIKASI SISTEM MODULAR DALAM MENGURANGI DAMPAK SISA MATERIAL KONSTRUKSI



Perkembangan pembangunan dari tahun ke tahun kian meningkat di setiap negara, dimana hal ini juga diikuti dengan perkembangan dan kemajuan di bidang teknologi material bangunan. Pada era sekarang ini aplikasi sistem prefabrikasi/modular pada beberapa elemen material bangunan telah menjadi trend yang telah banyak diadopsi di beberapa negara dalam rangka mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Salah satu potensial dan juga manfaat dalam penerapan sistem modular

pada suatu bangunan yaitu dapat mengurangi timbulnya sisa material selama proses konstruksi yang tentunya secara tidak langsung akan berdampak pada aspek biaya konstruksi, lingkungan dan sosial di sekitarnya. Perkembangan teknologi modular saat ini tidak lepas dari dinamika kebutuhan pembangunan serta tuntutan dari segi keefektifan waktu pelaksanaan dan juga aspek pembangunan yang berwawasan lingkungan.

Sistem prefabrikasi/modular material konstruksi saat ini telah banyak diaplikasikan pada beberapa proyek konstruksi khususnya pada rumah sederhana sampai bangunan gedung yang kompleks. Berdasarkan beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan aplikasi sistem modular dapat memberikan potensial dalam upaya mereduksi proporsi sisa material selama proses konstruksi. Adapun beberapa dampak positif penerapan sistem modular dalam upaya mereduksi sisa material konstruksi dari kajian beberapa aspek antara lain:

- **Aspek Biaya**, secara umum biaya investasi awal untuk sistem modular material jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem material konvensional, namun jika dianalisis lebih holistik dengan penerapan sistem modular material pada proyek konstruksi potensial penghematan biaya dapat dilakukan dikarenakan dengan aplikasi modular banyak unsur biaya yang dapat direduksi misalnya:
 1. Biaya bekisting/*formwork* dapat direduksi bahkan tidak digunakan dengan aplikasi sistem modular. Dengan mengurangi penggunaan bekisting/*formwork* juga secara langsung mengurangi penggunaan material kayu dan volume sisa material yang terbuang di *landfill*.
 2. Pemborosan Biaya (*Inefficiency Cost*) akibat timbulnya sisa material selama proses konstruksi dapat direduksi, hal ini dikarenakan dengan aplikasi sistem modular misalnya sebagai contoh pada elemen struktur balok, kolom, plat dan dinding kiranya mampu memberikan potensial dalam upaya mereduksi pemborosan biaya akibat timbulnya sisa material akibat kesalahan/error yang sering terjadi di lapangan, contohnya

seperti sisa material *rebar*, *concrete*, bata, bekisting kayu, dll, sehingga dapat memberikan penghematan (*Efficiency*) biaya material proyek konstruksi. Kemudian selain itu juga dapat mereduksi (*Saving*) biaya pembuangan sisa material konstruksi ke TPA baik *transportation cost to landfill* maupun *tax landfill*.

3. Biaya Tenaga Kerja, dengan aplikasi sistem modular material pada proyek konstruksi tentunya jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sistem material secara konvensional, sehingga secara langsung juga akan mengurangi besarnya anggaran upah tenaga kerja.
- **Aspek Lingkungan**, dengan menggunakan sistem modular maka secara tidak langsung akan memberikan dampak positif terhadap lingkungan yaitu dengan cara mengurangi jumlah volume sisa material yang dihasilkan. Dampak lingkungan dari berkurangnya sisa material yang dihasilkan selama proses konstruksi yaitu dapat mengurangi risiko timbulnya pencemaran terhadap lingkungan di sekitar area proyek, baik pencemaran terhadap tanah, air, maupun udara dan juga memberikan sumbangsi dalam mengurangi pembuangan volume sisa material ke TPA (*Landfill*) yang setiap tahun semakin meningkat. Dampak lain terhadap lingkungan juga yang dapat diberikan yaitu jika sistem modular material telah menerapkan teknologi daur ulang (*Recycle*) kiranya juga memberikan dampak positif dalam menjaga ketersediaan material alam sebagai bahan baku utama material konstruksi (*Raw material*) selama ini.
 - **Aspek Sosial**, dengan menerapkan sistem modular material tentunya akan memberikan dampak positif terhadap lingkungan seperti yang telah diuraikan di atas, sehingga secara langsung juga dapat memberikan efek positif terhadap aspek sosial bagi masyarakat dan pekerja yang berada di sekitar proyek. Dampak positif dari aspek sosial yang dapat dirasakan secara langsung dengan aplikasi modular yaitu masyarakat terhindar dari dampak bahaya sisa material konstruksi misalnya serpihan sisa material besi

tulangan, kaca, paku, debu, pasir, semen dll yang dapat berdampak terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja dan masyarakat yang ada di sekitar area proyek konstruksi, mengurangi kebisingan suara yang berlebihan dan juga secara psikologis memberikan efek yang baik untuk dilihat secara visual jika pada area proyek terkesan bersih dari sisa material dan rapi.

- **Aspek Kualitas**, penerapan sistem modular material pada proyek konstruksi juga memberikan nilai tambah terhadap output kualitas item elemen material yang dihasilkan dibandingkan dengan sistem material yang dikerjakan secara konvensional di lapangan. Dengan penerapan sistem modular material umumnya kualitas dan tingkat akurasi ukuran jauh lebih sempurna dan presisi dalam pelaksanaannya di lapangan, sehingga hal ini yang menjadi nilai lebih dari aspek kualitas sistem modular material. Tingkat akurasi yang presisi inilah yang kiranya dapat memberikan potensial dalam upaya menghindari dari risiko pekerjaan *rework* akibat kesalahan yang umumnya terjadi dilapangan sehingga secara langsung akan mengurangi jumlah sisa material yang dihasilkan selama proses konstruksi di lapangan.
- **Aspek Waktu**, tentunya dengan penerapan sistem prefabrikasi/modular material pada proyek konstruksi kiranya dapat memberikan percepatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi, hal ini dikarenakan proses pelaksanaan material tidak dilakukan di lokasi proyek (In Situ) secara konvensional melainkan melalui proses fabrikasi secara ex-Situ, sehingga waktu pelaksanaan proyek konstruksi relatif jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode pelaksanaan material secara konvensional di lokasi proyek. Dengan durasi waktu yang relatif jauh lebih cepat maka secara tidak langsung juga akan mengurangi biaya tidak langsung (*Indirect cost*) selama proses konstruksi. Dengan demikian dapat terhindar dari keterlambatan waktu pelaksanaan proyek konstruksi secara keseluruhan (*Nonphysical Sisa*).

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KOSTRUKSI

Berikut ini beberapa contoh aplikasi sistem prefabrikasi/modular elemen material konstruksi pada beberapa contoh penerapannya yang telah diaplikasikan pada proyek konstruksi.



Gambar 12. Prefabricated Elements of Reinforced Concrete
(Sumber: www.european-business.com)



Gambar 13. Pembangunan Fasilitas Observasi/Karantina Pengendalian COVID-19 di Pulau Galang, Batam, Indonesia
(Sumber: [kemenPUPR IG](#) & [Modular Wika Gedung IG](#))

Tidak dapat dipungkiri lagi pada masa yang akan datang penggunaan aplikasi teknologi sistem modular material pada industri konstruksi sudah menjadi standar dan trend bagi para penyelenggara konstruksi. Namun tentunya dibutuhkan peran serta pemerintah selaku pembuat kebijakan, kesiapan sumber daya manusia mulai dari tahap perencanaan sampai pelaksanaan dalam menerapkan sistem modular dan juga peran industri manufaktur dalam menyediakan kebutuhan rantai pasok dalam pemenuhan kebutuhan sistem modular material pada pelaksanaan proyek konstruksi di setiap wilayah.

DELAPAN

PENGEMBANGAN KONSEP MANAJEMEN SISA MATERIAL DALAM UPAYA MEREDUKSI INEFISIENSI BIAYA KONSTRUKSI

Manajemen pencegahan dan penanganan sisa material menjadi tanggung jawab oleh masing-masing pihak penyelenggara konstruksi mulai dari pihak perencana, pelaksana, supplier material, pengawas dan pemilik bangunan gedung. Manajemen pengelolaan yang buruk tentu memberikan efek terhadap timbulnya sisa material.

Terjadinya sisa material konstruksi dapat disebabkan oleh satu atau kombinasi dari beberapa sumber dan penyebab. Gavilan dan Bemold (1994), membedakan sumber-sumber sisa material konstruksi atas enam kategori: (1) perencanaan-desain; (2) pengadaan material; (3) penanganan material; (4) pelaksanaan; (5) residual; (6) lain-lain. Hasil penelitian Bossink dan Browers (1996) di Belanda, menyimpulkan sumber dan penyebab terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan kategori penyebab *sisa material* yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bemold (1994).

Menurut Bilitewski et al. (1994) and Gilpin (1996), manajemen sisa konstruksi meliputi pengumpulan, transportasi, penyimpanan, perlakuan, pemulihan dan pembuangan sisa dan didefinisikan sebagai komprehensif, integrasi, dan pendekatan sistem rasional terhadap pencapaian dan perawatan kualitas lingkungan dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Selain itu, Minks (1994) menganggap manajemen sisa sebagai alat untuk mengontrol biaya pembuangan sisa konstruksi dan juga memfasilitasi evaluasi alternatif metode

pembuangan seperti daur ulang dan guna ulang untuk mengurangi sisa ke TPA.

The European Environment Information and Observation Network (EIONET) (2006) mendefinisikan manajemen sisa ‘dokumen strategis yang disusun untuk mencapai tujuan manajemen sisa dan pencegahan dan pemulihan sisa’ sebagai tambahan terhadap dampak kesehatan dan lingkungan. Beberapa pengaruh yang signifikan terhadap stakeholder dan siklus hidup proyek dalam menimbulkan sisa material konstruksi menurut *European Commission Joint Research Centre Institute of Environment and Sustainability*.

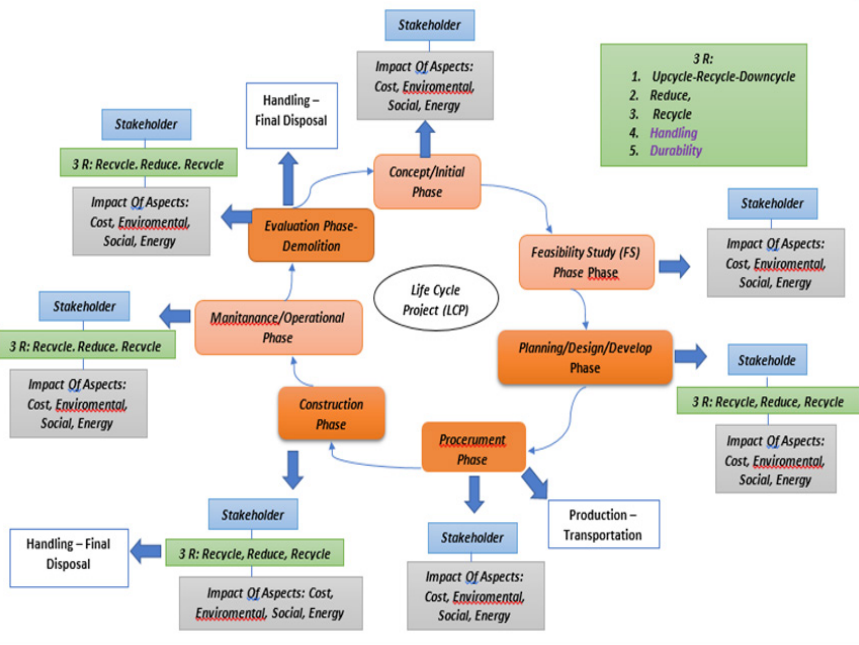
Hirarki manajemen sisa yang dikembangkan oleh El-Haggar (2007) merupakan kerangka yang efektif memandu pengembangan rencana manajemen sisa. Kerangka ini menyediakan pendekatan terintegrasi dimana pilihan 7 manajemen sisa dipertimbangkan alat sistematis bagi yang membuat dan mengelolah sisa. Terdapat lima langkah utama yaitu: (1) mengurangi (*reduce*), (ii) menggunakan ulang (*reuse*), (iii) mendaur ulang (*recycle*), (iv) memulihkan (*recover*) dan (v) membuang (*disposal*).

Menurut El-Haggar (2007) dan Greenwood (2000), apabila manajemen sisa dilaksanakan berdasarkan kerangka tersebut di atas, maka berbagai manfaat didapat sepanjang daur hidup sisa dari mulai dihasilkan hingga ke pembuangan akhir. Menurut El-Haggar (2007), manajemen sisa konstruksi akan memberikan manfaat ekonomi dengan mengurangi biaya proyek. Selain itu menurut Crittenden dan Kolaczowski (1992), Cunningham (2001), Guthrie dan Mallett (1995), Guthrie et al. (1997), McGrath (2001), Tam et al. (2007) dan Telford (1995), manajemen sisa konstruksi berkontribusi pada aspek berikut ini: (i) penghematan biaya dan memaksimalkan profit, (ii) mengurangi kebutuhan akan TPA, (iii) meningkatkan manajemen sumberdaya, (iv) peningkatan image, dan (v) peningkatan produktivitas dan kualitas.

Sisa Management Performance Evaluation Tool (WMPET) merupakan alat yang dikembangkan oleh Kim Jee-Hye, Kim Jae-Moon,

Cha Hee-Sung dan Shin Dong- Woo (2006) untuk mengukur keefektifan sisa konstruksi pada suatu proyek pembangunan gedung. Alat ini yang peneliti gunakan untuk menilai keefektifan manajemen sisa konstruksi pada proyek pembangunan gedung-gedung.

Dalam pengolahan *sisa material* pada suatu proyek tidak terlepas dari rangkaian tahapan/fase dalam siklus yang saling berkaitan yang tentunya akan memberikan dampak dan pengaruh terhadap fase berikutnya. Dalam hal ini pihak *stakeholder* menjadi unsur yang utama sebagai promotor dalam melaksanakan manajemen pengolahan yang baik sesuai standar.



Gambar 14. Manajemen *sisa material* bangunan gedung berdasarkan siklus hidup proyek secara komprehensif

Tradisional siklus hidup sebuah proyek termasuk beberapa fase antara lain mulai dari tahap fase konseptual perencanaan (*Initial*), studi kelayakan (*Feasibility Study*), perencanaan dan perancangan/

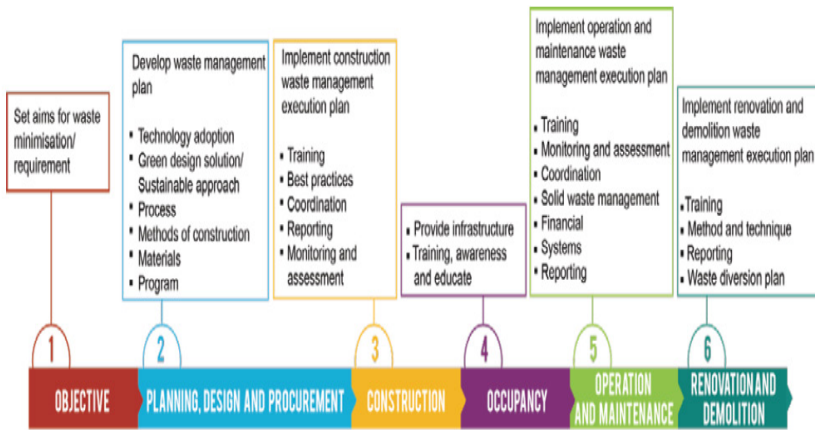
rekayasa (*Planning & Design*), konstruksi (*Construction*), operasional & pemeliharaan (*Operational/Maintenance*) (Kartam, 1996).

Timbulnya sisa material konstruksi perlu dikaji secara lebih luas dengan melihat ke dalam siklus hidup proyek secara keseluruhan mulai dari fase perencanaan, perancangan, pengadaan, konstruksi, operasi/maintenance sampai proses pembongkaran/demolis. (Zuhairi Abd Hamid et al, 2016).

Pengelolaan manajemen sisa konstruksi harus mengadopsi sebuah hirarki pengelolaan. Kedepan Pemerintah akan mendorong industri konstruksi menuju pengelolaan sisa material konstruksi secara komprehensif berdasarkan pendekatan siklus hidup secara berkesinambungan. (Zubair Abd Hamid et al, 2016).

Sistematik Konsep Manajemen Siklus Hidup Sisa Material Konstruksi

Pendekatan pengelolaan sisa material secara berkelanjutan dapat dinilai berdasarkan siklus hidup proyek (Zubair Abd Hamid et al). Pada gambar 2. menunjukkan sebuah proses yang sistematis terhadap sebuah penerapan konsep manajemen pengelolaan sisa material produk konstruksi, mulai dari tahap perencanaan desain, pengadaan, konstruksi/implementasi, operasional-*maintenance* dan sampai pada tahap evaluasi pembongkaran/*demolition* suatu produk konstruksi secara integrasi dan sistematis.



Gambar 15. Systematic process for construction sisa management through life cycle of a building (Abd Hamid et al)

Fase desain dan perencanaan memberikan kesempatan terbaik untuk melakukannya pencegahan/preventive terhadap timbulnya sisa material selama proses konstruksi (*British Standard Institute, 2013*), yang dapat menjadi peluang strategis dalam meminimalkan dampak timbulnya sisa material konstruksi. Peluang itu masih ada selama tahap pengadaan, konstruksi, operasional dan penggunaan akhir namun dampak terbesar umumnya dibuat selama tahap perencanaan awal. Tingkat potensi pengurangan sisa material konstruksi telah diteliti oleh Innes (2004), yang menyarankan bahwa 33% dari semua sisa material di lokasi konstruksi disebabkan karena kegagalan menerapkan langkah-langkah.

Beberapa variabel-variabel dari beberapa referensi yang dapat menjadi parameter ukur implementasi Manajemen Sisa Material (PWM) pada setiap tahapan siklus hidup suatu proyek bangunan gedung dapat dikategorikan sebagai berikut antara lain:

Tabel 2. Variabel dan sub variabel konsep model manajemen sisa material konstruksi bangunan gedung pada tahap perencanaan, pengadaan dan pelaksanaan dari beberapa referensi

<i>Management Planning-Design Phase</i>	
Design	
Perencanaan Konsep Desain	D1
Mendesain dengan ketepatan pendetailan gambar rencanabangunan gedung	Faniran dan Caban (1993)
Memperoleh kejelasan dan kelengkapan informasi perencanaanbangunan gedung	Ekanayake dan Ofori (2000)
Penanganan perubahan desain (Redesign) pada bangunan gedung	Poon (2007)
Menjelaskan kepada klien dan kontraktor tentang keuntungan meminimalisir sisa material bangunan gedung	(Ekanayake Dan Ofori 2000).
Pra Desain/Kelayakan	D5
- Pemilihan konsep bangunan gedung yang ramah lingkungan dalam hal penggunaan material yang sedikit menghasilkan sisa material selama konstruksi, operasional dan sampai proses pembongkaran/demolition (Sustainable Building)	(Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2016)
Mengadakan pertemuan pra desain bangunan gedungoleh semua pemangku kepentingan	Oyedele et al. (2003)
- Studi Kelayakan mengenai estimasi jumlah waste material bangunan gedungyang kemungkinan dihasilkan	M. Osmani *, J. Glass, A.D.F. Price, 2008
- Studi ketersediaan pihak kontraktor dan industri yang dapat mengelolah sisa konstruksi pasca demolition bangunan gedung	Construction Waste Management Plan Guidelines – Westren Australian
Competency Designer	D6
Ketersediaan SDM konsultan perencana bangunan gedung yang memiliki kepedulian dan pengetahuan mengenai konsep 3R (Reduce, reuse, recycle) material dan lingkungan.	(Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2016)
Kemampuan terhadap metode konstruksi bangunan gedung	Wang et al. (2014)
Memiliki kemampuan tentang ukuran material bangunan gedungdan spesifikasinya	Andi dan Minato (2003)
Kemampuan komunikasi informasi desain bangunan gedung yang baik dan efektif	Osmani (2013); Domingo dkk. (2009)
Kemampuan untuk memastikan terlaksananya hasil desain bangunan gedung	Wang et al. (2014)
Kemampuan untuk menghasilkan dokumen yang bebas dari kesahan pada desain bangunan gedung	Dainty and Brooke (2004)

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KONSTRUKSI

Penerapan perancangan tempat/bak penampung sisa konstruksi bangunan gedung	(Kim Jee-Hye, 2008)
Membuat hasil desain bangunan gedung yang dapat dibaca dan dimengerti oleh pihak pelaksana	Baldwin dkk. (2007)
Penerapan perencanaan bangunan gedung yang sederhana, fleksibel dan meminimalkan kompleksitas (desain rumit)	(Ervianto, 2011), (Hakan Arslan, & Burcu Selgin, 2012)
Memastikan hasil desain bangunan gedung telah fix (Tidak berubah)	Oyedele et al. (2013); Negapan
Melakukan koordinasi desain dengan disiplin ilmu lain dalam perencanaan bangunan gedung	Al-Hajji and Hamani (2011); Yuan (2013b)
Merencanakan penggunaan kembali komponen / elemen bangunan gedung sebelumnya	(EPA Research, Donal Dowd & Mark Kelly, 2015)
Konsep Desain Berkelanjutan	D2
Penerapan/adopsi konsep perancangan bangunan gedung yang dapat berkelanjutan/sustainable dan ramah lingkungan.	(Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2018)
Mendesain untuk perencanaan pembongkaran dan dekonstruksi bangunan gedung	Oyedele et al. (2003)
Penerapan perencanaan elemen material bangunan gedung dengan sistem modular /precasth/prafabrikasi (Plat, Balok, Kolom dan Panel Dinding)	(Ervianto, 2011), Construction Waste Management Plan Guidelines – Western Australian Green Building Council Indonesia (GBCI) Rating Tools Ver. 1.0.,
Standar Desain dan Peraturan	D3
Mendesain sesuai dengan ukuran standar material dalam perencanaan bangunan gedung	(Eco Recycle Victoria Guide, 2004), (M. Osmani *, J. Glass , A.D.F. Price, 2008)
Mendesain sesuai dengan kondisi topografi/pengukuran bangunan gedung di lapangan dan utilitas lapangan	Wang et al. (2014)
Mengoptimalkan susunan tegel sesuai dengan bentuk desain bangunan gedung	WRAP (2009)
Pemeriksaan perencanaan bangunan gedung terhadap aturan yang berlaku	(Khor Jie Cheng, Md Azree Othuman Mydin, 2014)
Pemilihan Material Low Waste	D4
Memilih material bangunan gedung yang mudah dimodifikasi di masa depan dan pembongkaran yang lebih muda (<i>Deconstruction</i>)	Construction Waste Management Plan Guidelines – Western Australian, M. Osmani *, J. Glass , A.D.F. Price, 2008
Pemilihan jenis rencana material bangunan gedung yang dapat di daur ulang (<i>Recycle</i>)	Jong-Jin Kim, 1998, (Kim Jee-Hye, 2008), Sustainable Construction, East of England
Pengurangan penggunaan material bangunan gedung yang mengandung bahan pecah belah dalam perencanaan/ mudah pecah dan rusak	(Kim Jee-Hye, 2008)
Memilih jenis material bangunan gedung yang tahan lama	Esin Cosgun (2007); Yuan (2013)
Pemilihan/menghindari penggunaan bahan material berbahaya	(Ervianto, 2011).
Menghindari pemakaian jenis material bangunan gedung yang berpotensi menimbulkan waste material.	(Ervianto, 2011).

<i>Procurement Management</i>	
Perencanaan Anggaran	P1
Alokasi biaya penanganan sisa pasca konstruksi bangunan gedung dalam anggaran	(Khor Jie Cheng, Md Azree Othuman Mydin, 2014)
Estimasi biaya akibat potensi timbulnya sisa material bangunan gedung yang kemungkinan terjadi saat konstruksi	Wang et al. (2014)
Alokasi fee berupa pemberian intensive kepada staff dan pekerja yang telah melakukan usaha mereduksi sisa material selama konstruksi bangunan gedung	M. Osmani *, J. Glass, AD.F. Price, 2008
Estimate & Ordering Volume Material	P2
Memesan spesifikasi material bangunan gedung dan penggunaan jenis material yang dapat didaur ulang (recycle) dan ramah lingkungan.	Eco Recycle Victoria Guide, 2004, (Achieving good practice Waste Minimisation and Managemen, Wrap), (Green Building Council Indonesia (GBCI) Rating Tools Ver. 1.0). (Sustainable Construction, East of England)
Memesan material bangunan gedung dengan kandungan daur ulang yang tinggi	Teo dan Loosemore (2001); Cha et al. (2009)
Memesan material bangunan gedung sesuai spesifikasi desain	Nagapan dkk. (2013)
Pemesanan jumlah material bangunan gedung yang realistis (Tidak terjadi kelebihan atau kekurangan pada saat konstruksi di lapangan)	(Khor Jie Cheng, Md Azree Othuman Mydin, 2014)
Memesan material bangunan gedung yang dapat dipakai lagi (reused), diperbaiki dan tahan lama	Khanh and Kim (2014); Begum dkk. (2007)
Melakukan perhitungan volume material bangunan gedung secara detail dan akurat sebelum melakukan pemesanan ke pihak supplier	Wang et al. (2014)

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KOSTRUKSI

Pemilihan Supplier	P3
Membuat Kesepakatan dengan pemasok dalam hal mengembalikan kembali kemasan material bangunan gedung ke pihak pemasok setelah material tiba di lapangan.	Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland
Memilih vendor supplier material yang menjual material bangunan gedung dengan kualitas baik (Kompeten)	Khan dan Kim, (2014); Nagapan et al. (2013)
Melakukan negosiasi dengan supplier material bangunan gedung dalam pemesanan material dalam jumlah kecil	<i>Eco Recycle Victoria Guide, 2004</i>
Kontrak	P4
Pembuatan kontrak Kerja sama pengelolaan sisa material konstruksi bangunan gedung dengan subkontraktor	(Kim Jee-Hye, 2006), (EPA Research, Donal Dowd & Mark Kelly, 2015), ITM, Building Guide to Minimise Construction Waste
Penerapan klausul kontrak tentang metode untuk pembuangan sisa konstruksi bangunan gedung oleh perusahaan pengolah sisa	(Kim Jee-Hye, 2006)
Pembuatan kontrak mengenai keharusan memiliki dokumen Manajemen pengelolaan sisa material bangunan gedung selama masa konstruksi.	(EPA Research, Donal Dowd & Mark Kelly, 2015)
Kejelasan klausul kontrak tentang penanganan sisa konstruksi bangunan gedung selama phase operasional dan maintenance oleh pihak tertentu.	Bossink dan Brouwers (1996)
Kontrak mengenai pemberian hukuman (Punishment) kepada kontraktor dan pekerja jika selama proses konstruksi tidak melaksanakan manajemen dalam mereduksi waste material bangunan gedung	M. Osmani *, J. Glass, AD.F. Price, 2008
Penerapan klausul kontrak tentang penanganan sisa pasca konstruksi bangunan gedung	(Kim Jee-Hye, 2006), (EPA Research, Donal Dowd & Mark Kelly, 2015)

Construction Management	
Material Reuse/Recycle	C1
Penggunaan sisa material bangunan gedung yang dapat digunakan ulang (reuse) atau dibuat menjadi suatu peralatan dalam konstruksi	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland, , (Achieving good practice Waste Minimisation and Management, Wrap)</i>
Memfaatkan sisa cor beton (Membuat kansten dsb)	<i>PT. PP (Persero)</i>
Memfaatkan sisa potongan <i>sheet pile</i> yang dibobok	<i>PT. PP (Persero)</i>
Memfaatkan sisa potongan <i>spun pile</i> pondasi yang dibobok	<i>PT. PP (Persero)</i>
Memfaatkan sisa potongan besi beton (<i>Rebar</i>)	<i>PT. PP (Persero)</i>
Memfaatkan sisa potongan zinkalum atap	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Memfaatkan sisa potongan bata (<i>Brick</i>)	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Memfaatkan sisa potongan profil baja /Aluminium	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Memfaatkan sisa tumpahan/kelebihan mortar	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Memfaatkan sisa pecahan keramik tegel	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Menggunakan ulang material sisah potongan	<i>Al-Hajj and Hamani (2011)</i>
Menggunakan sisah material galian untuk pekerjaan landscape	<i>Wang et al. (2014)</i>
Penerapan menggunakan ulang (Reuse) sisa material pasca konstruksi	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Menggunakan ulang bekisting/cetakan struktur bangunan	<i>Yuan (2013); Al-Hajj and Hamani (2011)</i>

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KOSTRUKSI

Prefabrikasi	C3
Menggunakan bekisting terfabrikasi (<i>Fabricated Formwork</i>)	Tam, Vivian, 2008, Jaillon et al. (2009); Tam (2008);
Menggunakan metal deck untuk pekerjaan plat bangunan	Wang et al. (2014)
Menggunakan material bangunan sistem modular (<i>Precash</i>)	Wang et al. (2014)
Menggunakan sistem perancah terfabrikasi (<i>Steel scaffolding</i>)	Wang et al. (2014)
Menggunakan sistem modular pada <i>bathroom/toilet Pods</i>	Wang et al. (2014)
Kompetensi SDM	C5
Melakukan pelatihan khusus pengelolaan sisa material bangunan gedung untuk staf konstruksi	Cheng, Md Azree Othuman Mydin, 2014) (Rawshan Ara Beguma, Et Al, 2007)
Menggunakan tenaga kerja yang terampil dan berpengalaman dalam mengerjakan proyek bangunan gedung	<i>Irmawaty, 2015</i>
Kemampuan dalam membaca gambar perencanaan desain bangunan gedung	Wang et al. (2014)
Penggunaan pekerja khusus dalam menangani sisa material bangunan gedung selama masa konstruksi	Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland
STORAGE/PENYIMPANAN	C6
Penanganan penyimpanan material bangunan gedung yang sesuai (terhindar dari cuaca, mesin) di lokasi proyek/gudang sementara	(Construction Waste Management Plan Guidelines – Western Australian), Best
Menghindari penyimpanan material bangunan gedung dari kontaminasi air	Wang et al. (2014)
Menyusun material bangunan gedung dengan rapi dan layak	Wang et al. (2014)
Memberikan label pada material bangunan gedung agar mudah dicari	Wang et al. (2014)
Menghindari penyimpanan material bangunan gedung dari potensi kebakaran	Wang et al. (2014)
Menghindari penyimpanan material bangunan gedung dari potensi pencurian	Wang et al. (2014)
Menerapkan sistem First On First Out (FIFO) pada material bangunan gedung yang disimpan	Wang et al. (2014)
Komitmen Manajemen	C7
Dorongan/motivasi dalam mengurangi sisa material konstruksi bangunan gedung di lapangan oleh pimpinan proyek	(Kim Jee-Hye, 2006)
Pemastan simbol/slogan 3R (Reduce, Reuse dan Recycle) pada area proyek bangunan gedung	PT. PP (Persero)
Pemastan papan wajib baca /slogan Green- Zero Waste	PT. PP (Persero)
Penyediaan bak/tempat penampungan sisa material konstruksi bangunan gedung yang dapat didaur ulang, digunakan kembali dan tidak dapat didaur ulang/rusak. (BOX/Bin)	(Construction Waste Guide, Town of Banff), Eco Recycle Victoria Guide, 2004

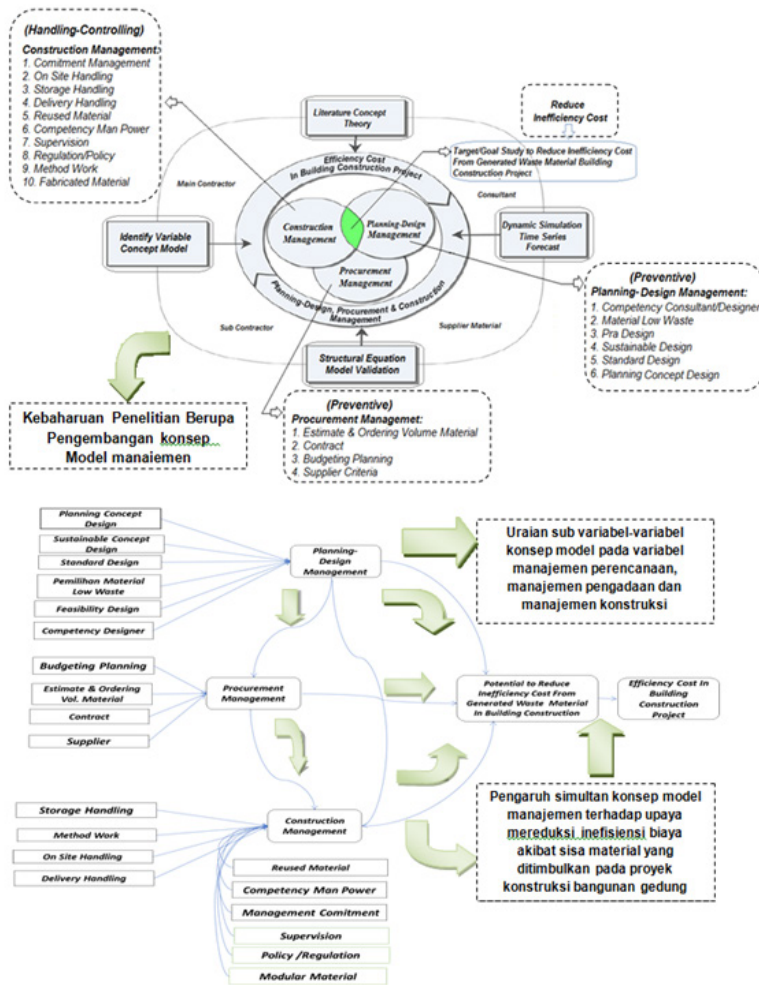
Memiliki dan membuat panduan dan strategi dalam implementasi pengelolaan sisa material konstruksi bangunan gedung	(EPA Research, Donal Dowd & Mark Kelly, 2015)
Penetapan tanggung jawab personel dalam pengelolaan sisa material selama konstruksi bangunan gedung	(Construction Waste Management Plan Guidelines – Westren
Mengurangi perubahan desain dan pekerjaan ulang selama konstruksi bangunan gedung	Al-Hajj dan Iskandarani (2011)
Menjaga komunikasi dan koordinasi antar stakeholder di lapangan	(Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2016)
Menyusun jadwal pemesanan dan pengiriman material bangunan gedung ke lokasi proyek dengan tepat	(Construction & Demolition Waste Management Guide, 1999) (Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland)
Menyiapkan ruang (<i>space</i>) untuk melakukan proses pengumpulan, pemisahan dan pemilahan sisa material selama konstruksi bangunan gedung	Wang et al. (2014)
Menggunakan material bangunan gedung lokal (Jarak tidak dari +/- 800 Km)	PT. PP (Persero)
Mengadakan rapat evaluasi kinerja manajemen waste material selama konstruksi secara berkala dengan tim	Wang et al. (2014)
Menyiapkan informasi (gambar konstruksi, identifikasi material dan komponen, ukuran komponen struktur bangunan gedung) dengan jelas dan efektif	(Ervianto, 2011).
Pengawasan /Monitoring	C8
Pemeriksaan jenis sisa material bangunan gedung yang akan dibuang, berupa tulisan/peringatan pada bak sampah.	(Kim Jee-Hye, 2006)
Mengecek kondisi akses jalan kendaraan pembawa material bangunan gedung pada area proyek	Wang et al. (2014)
Mengecek jumlah material bangunan gedung sebelum diterima dari pihak supplier material	Wang et al. (2014)
Mengecek kualitas dan spesifikasi material bangunan gedung sebelum diterima dari pihak supplier material	Wang et al. (2014)
Mengecek kualitas dan volume material bangunan gedung di lapangan secara berkala	Imawaty, 2015
Pengamanan material bangunan gedung di sekitar area proyek (<i>Security</i>)	<i>Sustainable Construction, England</i>
Pemeriksaan dan pemeliharaan rutin kondisi peralatan dalam mengelola material bangunan gedung di lapangan	Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2016)
Pemeriksaan rutin (<i>supervisi</i>) terhadap penggunaan material di lapangan	(Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2016)

PENGELOLAAN SISA MATERIAL PADA PROYEK KOSTRUKSI

Menjaga sisa material bangunan gedung tetap bersih, kering dan terpisah dari bahan lain yang berbahaya	<i>Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Pemeriksaan/pemeliharaan fisik kondisi perlengkapan (Tools) dalam mengolah material konstruksi bangunan gedung di lapangan.	Zuhairi Abd Hamid, Maria Zura Mohd Zain and Ahmad Farhan Roslan, 2018)
Pencatatan rutin dan evaluasi jenis dan jumlah sisa material konstruksi bangunan gedung di lapangan (report) secara berkala	(Kim Jee-Hye, 2008), (Khor Jie Cheng, Md Azree Othuman Mydin, 2014)
Aturan /Kebijakan	C9
Menjual kelebihan/sisa material yang masih layak digunakan dan mewajibkan membuat laporan tanggung jawab secara berkala dari divisi manajemen sisa material bangunan gedung selama tahap konstruksi	(Kim Jee-Hye, 2008), (EPA, Research, Donald Dowd & Mark Kelly, 2015), ITM, Building Guide to Minimise Construction Waste
Pengurangan sisa kemasan dengan meminta pemasok untuk mengurangi kemasan materialnya dan pengembalian kemasan material ke supplier.	Construction & Demolition Waste Management Guide, 1999, Sustainable Construction, East of England
Memberikan intensif berupa hadiah (<i>reward</i>) kepada staff pekerja jika selama konstruksi berfungsus berhasil mengurangi jumlah sisa material bangunan gedung	<i>Shant A. Dajadian1 (2014)</i>
Memberikan hukuman (<i>Punishment</i>) kepada staff jika selama proses konstruksi menghasilkan banyak sisa material bangunan gedung	<i>Shant A. Dajadian1 (2014)</i>
Membuat kerja sama dengan para pihak pengepul sisa material bangunan gedung selama konstruksi	Wang et al. (2014)
Mengembalikan material bangunan gedung yang rusak kepada pihak supplier material	Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland
Menyumbang sisa material konstruksi bangunan gedung ke pihak lain yang membutuhkan (Donation)	Wang et al. (2014)
Metode Kerja	C10
Menggunakan peralatan kerja yang sesuai metode dan standar pekerjaan konstruksi bangunan gedung	(Kim Jee-Hye, 2008)
Menggunakan metode kerja sesuai standar pekerjaan konstruksi bangunan gedung	<i>John Jamison, 2016</i>
Penyimpanan material bangunan gedung di tempat dan metode yang benar	Sustainable Construction, East of England
Melakukan proses pengukuran dengan tepat sesuai rencana desain bangunan gedung	Wang et al. (2014)
Menghindari penyimpanan material dalam waktu yang lama selama konstruksi bangunan gedung (Dapat menyebabkan terjadi kerusakan material)	<i>Sustainable Construction, East of England</i>

Penanganan - Handling	C11
Pengumpulan sisa kemasan penggunaan material konstruksi (<i>Packages</i>) bangunan gedung	(Kim Jee-Hye, 2006)
Menyediakan ruang/area khusus untuk melakukan proses pemilahan (<i>sorting</i>) sisa material selama konstruksi bangunan gedung	Wang et al. (2010); Lu and Yuan (2010)
Pemilahan sisa material konstruksi bangunan gedung yang masih layak digunakan (<i>Selection- Sorting</i>)	(Kim Jee-Hye, 2006)
Penanganan material bangunan gedung di lapangan (mengangkat dan memindahkan material) di lokasi proyek sesuai standar.	<i>Construction & Demolition Waste Management Guide, 1999</i>
Menyortir sisa material bangunan gedung yang masih dapat didaur ulang (<i>Recycle</i>) dan tidak dapat didaur ulang (<i>Non-recycle</i>) pasca konstruksi	<i>Manual Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme for Buildings Hong-Kong Special Administrative Region (HKSAR), Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland</i>
Prediksi informasi kondisi cuaca di lokasi proyek dan perlakuan extra untuk melindungi dan mengamankan material di lapangan	Best Practice Guide to Improving Waste Material, Scotland
Penyortiran sisa material bangunan gedung yang mengandung unsur berbahaya (<i>Hazard Material</i>)	<i>Minimizing Construction & Demolition Waste Guid Hawaie, 2013</i>
Memperbaiki sisa material bangunan gedung yang rusak (<i>Repair</i>)	Wang et al. (2014)
Menentukan lokasi pembuangan sisa material bangunan gedung pasca konstruksi (<i>Landfill Disposal</i>).	Manual Comprehensive Environmental Performance Assessment Scheme for Buildings Hong-Kong Special Administrative Region (HKSAR)
Penanganan Pengiriman /Delivery Handling	
Pengiriman material bangunan gedung ke lokasi dengan tepat waktu	Wang et al. (2014)
Pengiriman material bangunan gedung sesuai standar yang aman	Bossink & Browes, 1996
Melakukan metode yang layak pada saat bongkar muat material bangunan gedung ketika sampai ke lokasi proyek	Wang et al. (2014)
Pengemasan dan perlindungan material bangunan gedung yang aman selama proses pengiriman	Bossink & Browes, 1996
Pengiriman material bangunan gedung sesuai kualitas spesifikasi pemesanan (<i>order</i>)	Bossink & Browes, 1996
Pengiriman material bangunan gedung sesuai dengan spesifikasi yang dipesan	Wang et al. (2014)
Pengiriman material bangunan gedung sesuai jumlah pemesanan	Bossink & Browes, 1996

Pengembangan konsep manajemen berdasarkan variabel-variabel pada tabel 2 di atas merupakan pengembangan konsep model manajemen dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh *Ajahi Hameed (2016)*. Dimana berupa pengembangan konsep model penilaian potensial pada tahapan manajemen perencanaan, pengadaan dan konstruksi dalam upaya mereduksi inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material selama proses konstruksi bangunan gedung, dengan harapan model ini dapat diterapkan oleh setiap penyelenggara konstruksi dalam hal ini baik pihak kontraktor pelaksana, konsultan perencanaan serta pihak supplier material di Indonesia kedepannya. Dimana konsep model manajemen tersebut dapat dilihat pada gambar 14. Di bawah secara holistik mulai pada tahap *Preventive (Planning-Design)* dan tahap *Handling-Controlling (Construction)* dalam upaya sasaranannya mereduksi pemborosan biaya (*Inefficiency Cost*) yang dihasilkan akibat timbulnya sisa material konstruksi.



Gambar 16. *Framework* pengembangan konsep model manajemen (Thoengsal James, 2020)

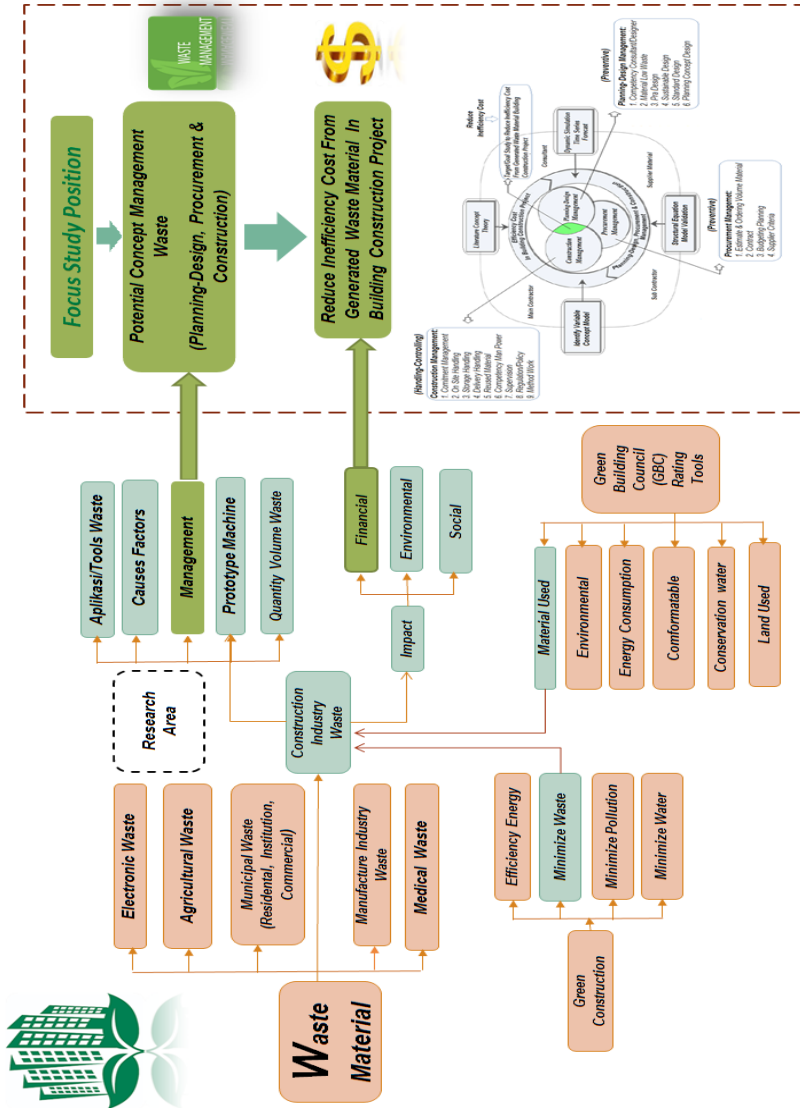
Hasil yang diperoleh pada uji simulasi dinamik (*Time Series Analysis*) dari konsep model tersebut secara simultan maka diperoleh nilai potensial penerapan model manajemen dimana tahap Perencanaan (*Planning-Design*) memiliki nilai potensial yang cukup signifikan dalam upaya mereduksi jumlah inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material pada proyek konstruksi bangunan gedung, dimana hal ini juga serupa

dengan penelitian yang dilakukan oleh Ajayi Saheed (2016) yang diteliti di Inggris dan Mohd Reza Esa (2017). Kemudian dari hasil uji simulasi berdasarkan perubahan waktu menunjukkan bahwa konsep model manajemen mampu memberikan pengaruh potensial yang cukup ideal dalam mereduksi total inefisiensi biaya akibat sisa material konstruksi ke depannya. Dimana dari hasil uji skenario menunjukkan adanya kecenderungan pengurangan total inefisiensi biaya akibat sisa material konstruksi pada uji simulasi dimana menunjukkan potensial optimal/ideal pengurangan/efisiensi total proporsi inefisiensi biaya dari sisa material konstruksi yaitu sebesar 74,41 %/unit rata-rata konstruksi bangunan gedung kedepannya (James Thoengsal, 2020), dalam hal ini objek studi dilakukan pada kontraktor BUMN di kota Makassar. Dengan demikian dari hasil simulasi penelitian memberikan gambaran bahwa rata-rata proyek bangunan gedung yang dikerjakan oleh kontraktor BUMN sebagai kontraktor utama mampu menunjukkan nilai proyeksi estimasi yang cukup potensial/optimistik dalam upaya mereduksi inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material konstruksi bangunan gedung kedepannya di Indonesia dengan menerapkan konsep model manajemen tersebut secara optimal.

Dengan demikian konsep model manajemen tersebut harus diimplementasikan secara optimal mulai dari tahap perencanaan, pengadaan sampai pelaksanaan secara integrasi oleh semua stakeholder, sehingga kiranya dengan demikian dapat memberikan dampak potensial positif kedepannya dalam mereduksi besarnya inefisiensi biaya akibat sisa material konstruksi bangunan gedung yang selama ini dihasilkan. Dimana konsep final model manajemen secara integrasi dan konseptual dapat dilihat pada gambar 15.

Sehingga kiranya dengan pengembangan konsep model manajemen ini dapat menjadi bahan informasi ilmiah kepada pihak penyelenggara konstruksi baik kontraktor, konsultan maupun pihak supplier material dalam mereduksi dampak tersebut kedepannya. Perlu diketahui juga bahwa dalam upaya menerapkan konsep model tersebut tentunya perlu dibutuhkan komitmen manajemen bersama dari seluruh

stakeholder tidak hanya pihak penyelenggara konstruksi tetapi peran Pemerintah juga dalam membuat peraturan secara khusus mengenai manajemen sisa material pada industri konstruksi di Indonesia.



Gambar 17. Posisi final area konsep model penelitian secara holistik (Thoengsal James, 2020)

Dampak Inefisiensi Biaya Sisa Material Konstruksi

Inefisiensi biaya sisa material konstruksi merupakan pemborosan biaya atau biaya yang tidak perlu atau dalam proyek sering disebut *hidden cost* dari sisa material yang ditimbulkan yang tentunya akan memberikan pengaruh terhadap anggaran proyek secara keseluruhan bagi pihak pelaksana konstruksi (Shen, L.Y et al., 2002). Menerapkan manajemen sisa material secara optimal berpeluang mereduksi Inefisiensi biaya dan meningkatkan profit bagi pihak pelaksana konstruksi secara langsung (A. Al-Hajj et al, 2011; Osmani et al., 2006; Begum et al., 2006; Tam et al., 2005).

Tingkat Proporsi Inefisiensi Biaya Akibat Sisa Material Konstruksi

Beberapa sumber referensi penelitian-penelitian yang memperlihatkan proporsi inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material pada proyek konstruksi bangunan gedung. Hal ini memperlihatkan bahwa secara tidak langsung kontribusi inefisiensi biaya yang ditimbulkan mempengaruhi finansial proyek konstruksi secara keseluruhan tetapi pada umumnya tidak disadari secara langsung oleh pihak penyelenggara konstruksi khususnya pihak kontraktor sebagai bentuk pemborosan biaya.

Tabel 3. Referensi penelitian-penelitian terhadap proporsi inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material pada konstruksi bangunan gedung

No	Penelitian Sebelumnya	Jenis Proyek	Lokasi	Kontribusi Inefficiency cost
1	Irwan Ridwan Rahim, Suharman Hamzah, Irmawaty, (2015)	Bangunan Gedung	Indonesia - Makassar	(6-10)% - Vol. Material
2	M.A. Abdurrahman, R.U.Latief, A. Mirwan, (2012)	Ruko	Indonesia - Makassar	(11-12,2)%- Vol Material;
3	Valentino Arya Kusuma	Bangunan Gedung	Indonesia - Surakarta	6.20%
4	Raedian Aulia Adlin (2016)	Bangunan Gedung	Indonesia - Medan	3.70%
5	Farida Rahmawati dan Diana Wahyu Hayati (2013)	Bangunan Gedung	Indonesia - Surabaya	(1.42-4.88)%
6	Y.P Devia, S.E Unas, R.W Safrianto, W. Nariswari (2010)	Bangunan Gedung dan Perumahan	Indonesia- Malang	(3.04-13.5)%
7	Suryanto Intan, Ratna S. Alifen, Lie Arijanto (2005)	Bangunan Gedung	Indonesia - Surabaya	Poor sisa management practice) sebesar 4,67%
8	Putu Artama Wiguna, Farida Rahmawati, dan Jermias Haposan (2009)	Bangunan Gedung	Indonesia - Surabaya	(1.3-7.7)%
9	Arasy Satya Perdana), Muhammad Indrayadi, Riyanny Pratiwi (2018)	Bangunan Gedung	Indonesia - Pontianak	9.40%
10	Intan et al.(2005)	Bangunan Gedung	Indonesia- Surabaya	Min= 3.33 %
				Max= 4.67 %

11	Bossink and Brouwers, 1996	Bangunan Gedung	Netherlands	1% -10%
12	John dan Itodo (2013)	Bangunan Gedung	Nigeria	21%

Contoh Penerapan Konsep Manajemen Sisa Material Pada Salah Satu Perusahaan Kontraktor BUMN di Indonesia

Salah satu perusahaan kontraktor BUMN di Indonesia telah menerapkan konsep manajemen sisa material secara optimal dengan menggunakan material yang ramah lingkungan, yang memenuhi unsur 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) sebagai sarana pendukung untuk menjalankan proyek pembangunan yang memiliki konsep *Green Construction*. definisi dari ketiga unsur tersebut adalah:

1. *Reduce* :

mengurangi penggunaan material yang menimbulkan bahan sisa(limbah) dan juga mengurangi volume limbah itu sendiri, antara lain dengan merencanakan penggunaan material agar tidak menimbulkan banyak limbah dan material sisa (waste).

2. *Reuse* :

menggunakan kembali material sisa yang dihasilkan dari aktivitas proyek untuk digunakan kembali sebagai sarana penunjang aktivitas proyek, antara lain dengan pemanfaatan sisa beton saat pengecoran untuk dijadikan kansteenatau car stopper. penerapan prinsip re-useyang lain adalah menggunakan temporary structureyang bisa digunakan berkali-kali seperti bekisting dari bahan baja, kantor sementara proyek (contractor keet)dari kontainer.

3. *Recycle* :

mendaur ulang beberapa jenis limbah yang memungkinkan untuk didaur ulang dengan melibatkan bantuan pihak ketiga, antara lain dengan menjual kembali sisa potongan besi untuk didaur ulang di pabrik besi.



Gambar 18. Pemanfaatan kelebihan sisa material di lapangan
(PT. PP (Persero))

DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. I.,(2004). *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- PT. PP (Persero) Tbk. (2015). *Annual Report*.
- Sasitharan Nagapan, (2011). *Physical & Non Physical Waste Construction*. Kuala Lumpur.
- Thoengsal James, (2013). “*Blog Pribadi Kumpulan Informasi Konstruksi Sipil*”, www.Jamesthoeengsal.blogspot.com.
- Thoengsal James, Rahman Amin. (2018). *Analisis Index Risiko Timbulnya Waste Material Konstruksi Bangunan Gedung di Kota Makassar*. Multi Teknik Jurnal, Vol. 13 No.1, ISSN: 1907. 6924, Kopertis Wilayah IX, Makassar.
- Thoengsal James, (2020). “*Model Penilaian Potensial Manajemen Perencanaan, Pengadaan dan Pelaksanaan Dalam Mereduksi Inefisiensi Biaya Akibat Sisa Material Konstruksi Bangunan Gedung (Studi Kasus Ditinjau Pada Proyek Kontraktor BUMN di Kota Makassar)*”. Disertasi Program Doktor Ilmu Teknik Sipil Universits Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

RUSDI USMAN LATIEF
JAMES THOENGSAI

Ringkasan Buku

Timbulnya sisa material selama proses konstruksi telah menjadi sebuah fenomena yang banyak memberikan dampak negatif di negara-negara yang sedang berkembang dalam proses pembangunan, dampak timbulnya sisa material tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan saja tetapi juga pada aspek biaya konstruksi serta sosial disekitarnya. Buku ini memberikan pemahaman secara mendasar mengenai definisi sisa material konstruksi, faktor penyebab timbulnya sisa material, hambatan –hambatan dalam menerapkan sistem manajemen sisa material, potensial dan karakteristik sisa material, metode perhitungan volume sisa material, konsep hirarki dalam mereduksi sisa material secara holistik, aplikasi sistem modular dalam mereduksi sisa material serta pengembangan konsep manajemen dalam mereduksi dampak inefisiensi biaya akibat timbulnya sisa material selama konstruksi. Buku ini diharapkan memberikan gambaran berupa poin penting dalam pemahaman serta penerapan manajemen sisa material yang ideal khususnya pada industri konstruksi baik untuk para praktisi dibidang konstruksi maupun bagi para mahasiswa dalam mewujudkan tercapainya sasaran dalam proyek konstruksi yang berkelanjutan.

TENTANG PENULIS



Dr. Ir. Rusdi Usman Latief, M.T. Lahir di Senggang 5 Februari 1966 adalah Dosen di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (UNHAS). Menempuh Pendidikan Sarjana Teknik Sipil di UNHAS dan meraih gelar sarjana pada tahun 1990 dan mencapai gelar Magister Teknik pada Bidang Manajemen dan Rekayasa Konstruksi Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2003. Meraih gelar Doktor di bidang Teknik Sipil dengan topik keutamaan pada “Manajemen Proyek” di UNHAS pada tahun 2015. Memulai karir sebagai dosen di UNHAS dengan jabatan akademik Asisten Ahli dan Lektor pada periode 1996 – 2005. Mencapai jabatan akademik sebagai Lektor Kepala sejak tahun 2005 hingga sekarang. Mengampuh berbagai Mata Kuliah (MK) di bidang manajemen konstruksi antara lain, Manajemen Proyek, Perencanaan dan Pengendalian Proyek, Kewirausahaan Rekayasa Sipil, Pengelolaan Konstruksi Berkelanjutan, Manajemen Sains Konstruksi, Etika Profesi & Aspek Hukum Konstruksi, Manajemen Perusahaan Konstruksi, Manajemen Mutu Konstruksi, dan Kontrak Konstruksi. Beberapa hasil karya berupa publikasi ilmiah yang telah dihasilkan sebanyak 24 judul artikel pada publikasi nasional maupun internasional. Beberapa pelatihan, seminar, serta *workshop* telah diikuti diantaranya: Pelatihan Bimtek terkait *Public Private Partnership* (PPP), Asean Road Safety Summit, Seminar Nasional Standarisasi, BSN, dan berbagai jenis pelatihan dan *workshop* lainnya. Saat ini menjabat posisi sebagai Ketua Kelompok Keahlian Dosen untuk Manajemen Konstruksi di Departemen Teknik Sipil sejak tahun 2017, selain itu juga aktif sebagai Kepala Unit Pelaksana Pengadaan di Universitas Hasanuddin sejak tahun 2019.



Dr. Ir. James Thoengsal, S.T., M.T., IPP. Lahir di Ujung Pandang, pada tanggal 20 Januari 1991, Sulawesi Selatan. Pada tahun 2009, penulis meneruskan pendidikannya di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar (UAJM) dan berhasil memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada tahun 2013. Pada tahun 2015 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan S2 dan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Manajemen Rekayasa Konstruksi (MRK) di Universitas Kristen Indonesia Paulus (UKIP). Kemudian pada tahun 2020 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Program Doktor (S3) Ilmu Teknik Sipil dan Program Profesi Insinyur di Universitas Hasanuddin (UNHAS). Saat ini penulis merupakan salah satu dosen di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sulawesi (UTS), Makassar. Di samping sebagai seorang dosen di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UTS, penulis juga menjabat sebagai Ketua Program Studi Jurusan Teknik Sipil UTS dari tahun 2017 sampai sekarang. Dalam bidang riset penulis lebih memfokuskan pada kajian penelitian mengenai Management Waste Material & Sustainability Construction. Selain di bidang akademisi penulis juga terdaftar sebagai salah satu anggota profesi Persatuan Insinyur Indonesia (PII) dan telah teregister sebagai pemegang sertifikat Insinyur Profesional Pratama (IPP-STRI) dari PII pada tahun 2016.

6 Alasan Memilih Nasmedia



Garansi 100%

Tidak puas dengan kualitas cetak Nasmedia? Kami menyediakan garansi 100% buku baru. Gratis!



Harga Termurah

Nggak percaya layanan Nasmedia termurah di Timur Indonesia? Banding aja dengan penerbit sebelah



Pelayanan Terbaik

Lebih dari 1300+ penulis dan 30+ mitra cetak Nasmedia adalah bukti dari pelayanan terbaik kami



Anggota IKAPI

Tidak mudah menjadi anggota Ikatan Penerbit Indonesia (IKAPI). Nasmedia telah tergabung sejak 2018



Perpusnas RI

Lebih dari 3 tahun Nasmedia telah terverifikasi dengan terbitan lebih dari 350 Judul buku ber-ISBN



Support 24/7

Admin Nasmedia Support 24 jam. So, konsultasi orderan anda diterima kapan saja. kami selalu untuk anda



Garansi 30 Hari Uang Kembali

Tidak puas dengan layanan Nasmedia? Kami menyediakan garansi uang kembali yang berlaku 30 hari sejak tanggal buku di terima

BOOK'S PUBLISHED

3 TAHUN NASMEDIA TELAH BERHASIL
**MENERBITKAN BUKU
LEBIH DARI
1300+ PENULIS**
DENGAN TOTAL PRODUKSI LEBIH DARI
93.000 EKSEMPLAR BUKU

