

# KONSEP *SUSTAINABLE CONSTRUCTION* PADA RUMAH SEDERHANA DITINJAU DARI PENGGUNAAN MATERIAL DALAM PROSES PELAKSANAAN

Wibisono, K.<sup>1</sup>, Januar, A.<sup>2</sup>, Ratna S. Alifen<sup>3</sup>

**ABSTRAK:** Kerusakan lingkungan yang sedang terjadi saat ini diakibatkan oleh pencemaran lingkungan dalam hal ini ditinjau dalam bidang konstruksi. Oleh karena itu dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, digunakan konsep *sustainable construction*. Kontraktor sebagai pelaku utama konstruksi berperan penting dalam penerapan konsep *sustainable construction*. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan penggunaan material dalam proses pelaksanaan konstruksi rumah sederhana dengan konsep *sustainable construction*. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan dan wawancara dengan kontraktor PT Wijaya Makmur Indonesia yang berperan dalam pembangunan perumahan Graha Medali dan studi literatur mengenai konsep *sustainable construction*. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan sesuai dengan jam kerja proyek yaitu pada pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Hasil dari penelitian bahwa kontraktor menggunakan tiga material utama yaitu kayu, beton, dan besi dan dalam proses pelaksanaannya kontraktor belum sepenuhnya menerapkan konsep *sustainable construction*. *Reduce, reuse, recycle* dan *salvage* sudah diterapkan pada beberapa pekerjaan.

**KATA KUNCI:** *global warming, sustainable construction*, kontraktor, material konstruksi, proses pelaksanaan

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang kompleks disebabkan perubahan gas di atmosfer terutama CO<sup>2</sup> yang meningkat. Perubahan iklim tersebut mengakibatkan berbagai macam bencana alam. Pada prinsipnya terdapat dua penyebab utama bencana alam terjadi di dunia yaitu pengurasan sumber daya alam yang berkelanjutan dan pencemaran lingkungan. Bidang konstruksi erat kaitannya dengan penggunaan sumber daya alam sebagai material konstruksi bangunan. Seringkali dikaitkan dengan perusakan lingkungan akibat dari penggunaan material tersebut. Oleh karena itu bidang konstruksi seharusnya menghemat material pada proses pelaksanaan agar limbah yang terjadi sedikit mungkin dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan, oleh karena itu terdapat terobosan di dunia konstruksi agar pembangunan dilaksanakan pada kelestarian lingkungan dengan konsep *sustainable construction*.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. *Sustainable Construction*

*Sustainable* sendiri adalah memenuhi kebutuhan tanpa mengurangi sumber daya alam untuk generasi mendatang (Sakai dan Noguchi, 2013). *Sustainable* mencakup seluruh siklus hidup bangunan mulai dari ekstraksi sumber daya alam hingga pembuangan akhir material. Ciri-ciri *sustainable construction* adalah menggunakan material yang cukup tersedia, proses pelaksanaan yang efisien, perencanaan jangka panjang, dan kemudahan untuk membongkar bangunan. (Kibert, 2008)

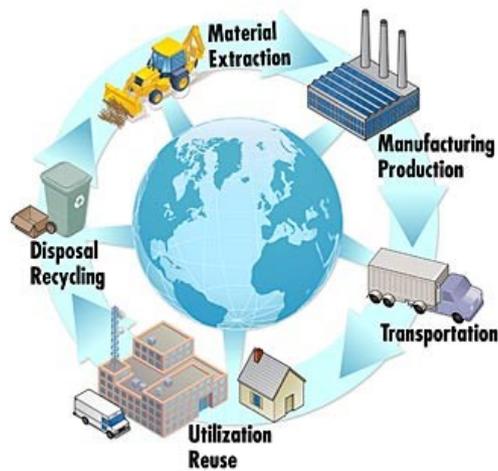
<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415170@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415179@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

## 2.2. Material Konstruksi

Material konstruksi harus direncanakan terlebih dahulu pada suatu proyek oleh perencana. Penggunaan material konstruksi ditinjau mulai dari awal proses pengambilan material, proses produksi material, transportasi material, penggunaan material, hingga pengolahan terakhir material dapat dilihat pada **Gambar 1**. Energi yang terkandung mengacu pada total energi yang dikonsumsi dalam perolehan dan pemrosesan bahan baku, termasuk manufaktur, transportasi dan pemasangan akhir. Kerusakan lingkungan yang dapat terjadi akibat siklus hidup material dapat dilihat pada **Tabel 1**. (Engineers, T.I., 1999)



**Gambar 1. Siklus Hidup Material**

**Tabel 1. Kerusakan Lingkungan Berdasarkan Siklus Hidup Material (Engineers, T.I., 1999).**

Tahap	Kerusakan Lingkungan
Ekstraksi Material	Kerusakan ekosistem, debu, dan kebisingan,
Produksi	Konsumsi energi, polusi udaran dan air, kebisingan, debu, dampak terhadap ekosistem, dan <i>global warming</i> .
Transportasi	Kebisingan, debu, <i>global warming</i> , dan gas emisi CO <sup>2</sup>
Penggunaan	Konsumsi energi, durabilitas, kebutuhan perawatan, <i>global warming</i> , dan gas emisi CO <sup>2</sup>
Pembuangan	Kebisingan, debu, tanah yang terkontaminasi, <i>global warming</i> , dan gas emisi CO <sup>2</sup>

### 2.2.1 Material Utama Konstruksi

Terdapat tiga material utama konstruksi ditinjau dari skala pemakaian dalam konstruksi, yaitu:

#### 1. Kayu

Kayu merupakan produk yang berperan penting dalam material konstruksi karena ketersediaannya. Berbagai macam produk kayu digunakan dalam konstruksi adalah plywood, multipleks, komposit material dengan

serat kayu. Kayu yang dapat digunakan adalah kayu dengan sertifikat FSC (*Forest Stewardship Council*) pada hutan berkelanjutan yang tersebar di Indonesia (Frick dan Suskiyatno, 2007).

Kayu menghasilkan limbah seperti serbuk kayu dan potongan kayu, dapat digunakan sebagai bahan bakar tetapi jika dibuang ke tanah akan membusuk dan menjadi kompos. Masa pakai kayu tergantung pada kualitas kayu dan pemeliharaan/pencegahan terhadap rayap. Multipleks terdiri dari beberapa lapisan vinir yang dilem dengan fenol-formaldehid atau resorcinol resin (tahan cuaca). (Kibert, 2008)

## 2. Beton

Beton memiliki peran penting dalam bidang konstruksi, terbuat dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen, air dan beberapa zat adiktif. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan beton adalah kandungan CO<sup>2</sup> yang dimiliki oleh semen pada saat proses manufaktur. Semen adalah bahan penyusun beton yang meliputi 9-14 persen dari campuran beton. Untuk setiap ton semen yang diproduksi juga menghasilkan CO<sup>2</sup> dengan masa yang sama. Bahan penyusun semen untuk setiap 1 tonnya dibutuhkan 1.1 ton batu gamping, 0.2 ton tanah liat dan 0,1-0,2 material lain. Selama pembakaran terjadi menghasilkan CO<sup>2</sup> dari batu gamping dan batu bara digunakan sebagai bahan bakar. Selama daur hidup beton, semen dapat menyerap kembali 20 persen CO<sub>2</sub> dari yang dihasilkannya pada masa produksi, hal ini dapat mengurangi efek emisi CO<sup>2</sup>.

*Fly ash* dan *ground granulated blast furnace slag* (GGBFS) dapat menjadi material pengganti bagi semen dalam pembuatan beton. *Fly ash* dapat menggantikan sekitar 30 persen penggunaan semen dalam beton, GGBFS dapat menggantikan sekitar 35 persen penggunaan semen. *Fly ash* (Abu terbang) sendiri adalah sisa dari hasil pembakaran batu bara yang dihasilkan pada pembangkit listrik. *Ground granulated Blast furnace Slag* terbuat dari hasil pendinginan dari proses produksi besi. Sisa pembakaran besi pada air yang berada di dasar kemudian menjadi powder untuk bahan campuran semen (Kibert, 2008).

## 3. Besi

Besi memiliki potensial yang tinggi untuk daur ulang dan kebanyakan produk pembesian di bangunan memiliki unsur daur ulang. Metode BOF (*Basic Oxygen Furnace*) menggunakan 25%-35% besi tua dalam proses pembuatan produk besi, sedangkan metode EAF (*Electric Arc Furnace*) menggunakan hampir 100% besi tua dalam pembuatan produk besi.

Besi yang dibuat dengan metode BOF memiliki total 37% kandungan daur ulang, sedangkan besi yang dibuat dengan metode EAF memiliki total 96% kandungan daur ulang. Setiap ton besi daur ulang menghemat 2500 pounds bijih besi, 1400 pounds batu bara, dan 120 pounds batu gamping. Hanya 1/5 energi dari pembuatan besi yang dibutuhkan untuk mendaur ulang besi tua (Kibert, 2008).

Selain besi juga terdapat aluminium sebagai material utama konstruksi. Aluminium sendiri adalah logam paling berlimpah di bumi. Produksi aluminium daur ulang hanya membutuhkan 5% energi dari produksi aluminium dari bijih bauksit, hal tersebut mengurangi 95% gas emisi CO<sup>2</sup> yang dihasilkan dari produksi aluminium dari bijih bauksit. Mendaur ulang 1 pound aluminium menghemat 8 pound bijih bauksit dan 6.4 kWh listrik. Kandungan daur ulang dalam aluminium rata-rata sebanyak 40%.

### 2.2.2 *Reduce, Reuse, Recycle, Salvage*

Penggunaan material konstruksi yang tepat penting dalam konsep *sustainable construction* untuk mencapai bangunan yang bersifat ramah lingkungan. Terdapat empat prioritas utama dalam penggunaan material dalam proses pelaksanaan untuk bangunan yaitu, pengurangan kuantitas material dalam konstruksi (*reduce*), penggunaan ulang material dari bangunan yang ada (*reuse*), menggunakan material yang dapat didaur ulang (*recycle*), dan pembuangan sampah dan material konstruksi (*salvage*) (Kibert, 2008).

#### 1. *Reduce*

*Reduce* adalah mengurangi penggunaan material yang tidak terpakai dengan cara mengoptimasi desain agar tidak terjadi pemborosan material dan energi dan melakukan optimasi terhadap estimasi biaya dan pemesanan material, selain itu juga dapat melakukan optimasi pemesanan material yang dikemas karena kemasan dari material akan menjadi sampah jika tidak dilakukan penanganan dengan benar.

#### 2. *Reuse*

*Reuse* adalah penggunaan kembali barang material yang masih bisa digunakan dengan cara melakukan pembongkaran bangunan secara terencana sehingga sisa material bangunan dapat digunakan kembali. Selain itu juga melakukan data material-material sisa dalam satu dokumen tersendiri, apabila ada material-material yang tidak dapat digunakan kembali maka material tersebut didata dan dilakukan daur ulang.

### 3. *Recycle*

*Recycle* adalah daur ulang material agar bisa digunakan untuk keperluan lain dengan cara mengidentifikasi barang-barang yang dapat didaur ulang dan pisahkan barang-barang yang tidak bisa didaur ulang. Mendata barang yang masih memiliki nilai ekonomi setelah didaur ulang.

### 4. *Salvage*

*Salvage* adalah suatu tindakan memindahkan sampah dan sisa material konstruksi dari lokasi proyek untuk dibuang ke TPA, dijual atau disumbangkan kepada pihak ketiga. (Samsidi dan Kosasih, 2009). Hal-hal yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi material-material konstruksi untuk dibuang ke TPA, merencanakan untuk perlindungan, penanganan, penyimpanan, atau pemindahan material-material yang salvagable, dan menghubungi perusahaan yang menangani salvage dan organisasi amal untuk datang ke lokasi proyek untuk memindahkan sisa material konstruksi yang masih bermanfaat.

## 2.3. Proses Pelaksanaan Konstruksi

Proses pelaksanaan pembangunan harus didasari dengan konsep *sustainable construction* dan setiap tindakan yang dilaksanakan harus memperhatikan dampak terhadap lingkungan seperti menggunakan kembali material yang masih layak pakai, mendaur ulang material seperti pecahan semen, tanah hasil galian, dan besi tua, dan memilah limbah berdasarkan jenis agar memudahkan daur ulang (Engineers, T.I., 1999).

Hal lain yang dapat dilakukan adalah perencanaan untuk melakukan kontrol terhadap kebisingan, yaitu merencanakan penjadwalan penggunaan alat berat dengan tingkat kebisingan yang tinggi dan prosedur penggunaannya pada aturan lokal. Nilai ambang batas kebisingan adalah angka 85 dB yang dianggap aman untuk sebagian besar tenaga kerja bila bekerja 8 jam/hari atau 40 jam/minggu.

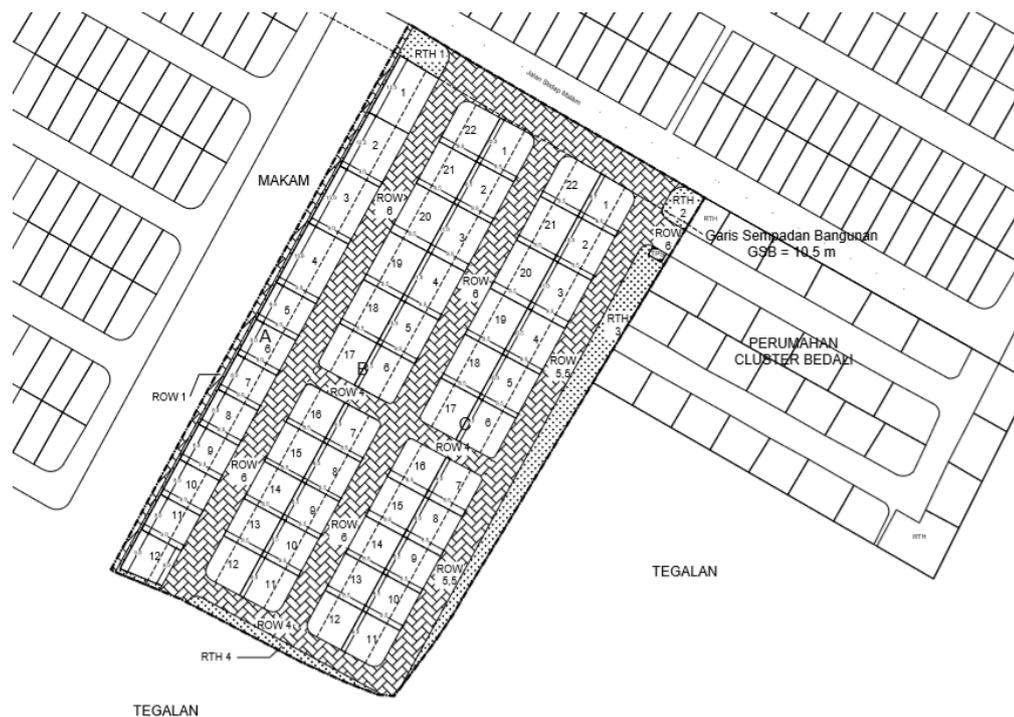
Kontraktor juga harus membersihkan tumpahan minyak dan pelumas serta bahan kimia lainnya secepatnya dan menjamin keamanan, kenyamanan maupun kesehatan dari pekerja maupun penduduk disekitar bangunan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan dan wawancara dengan kontraktor PT Wijaya Makmur Indonesia yang berperan dalam pembangunan perumahan Graha Medali yang berlokasi di Lawang, Jawa timur dan studi literatur mengenai konsep *sustainable construction*. Pengamatan dilakukan secara bertahap yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur pondasi, pekerjaan kolom dan balok, pekerjaan dinding, pekerjaan atap dan pekerjaan lantai. Setiap pekerjaan yang dilakukan di proyek diamati kemudian dicatat, ditinjau dari penggunaan material dalam proses pelaksanaannya. Hasil yang didapat dianalisa dan dibandingkan dengan landasan teori yang telah diperoleh apakah sesuai dengan konsep *sustainable construction*. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan sesuai dengan jam kerja proyek perumahan Graha Medali yaitu pada pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB.

## 4. STUDI PENELITIAN

Perumahan Graha Medali dengan luas total 8000 m<sup>2</sup> memiliki 56 unit rumah dengan tipe 36/72 saja. Lahan efektif yang dimiliki sebanyak 57,27% dengan luas tanah 4.588 m<sup>2</sup> dan lahan non efektif sebanyak 42,73% dengan luas tanah 3.423 m<sup>2</sup>. Lahan efektif meliputi luas rumah ditambah dengan kelebihan tanah, sedangkan lahan non efektif meliputi ruang terbuka hijau (RTH), tempat pembuangan sampah (TPS), dan jalan. Denah rumah sederhana dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Site Layout Perumahan Graha Medali**

#### 4.1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pekerjaan tanah dan pekerjaan bouwplank. *Cut and fill* diperlukan pada saat pekerjaan persiapan untuk menata lahan sesuai yang diinginkan. Volume *cut* dan *fill* seimbang sehingga tidak ada pembelian maupun pembuangan tanah menganut konsep *reduce*. Lahan yang digunakan bebas dari pepohonan sehingga tidak ada tindakan merusak alam. Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan persiapan adalah satu buah backhoe, satu buah dozer dan satu buah dump truck. Penggunaan alat berat kurang efektif karena terhenti beberapa hari karena kendala hujan. Pekerjaan bouwplank menggunakan material kayu usuk ukuran 4x6 cm, digunakan lagi untuk pekerjaan rangka plafond dan menerapkan konsep *reuse* dalam konsep *sustainable construction*.

#### 4.2. Pekerjaan Pondasi

Pondasi yang digunakan dalam perumahan ini adalah pondasi lajur dengan ukuran 30x30 cm. Material yang digunakan adalah batu goa, semen, air, pasir, papan randu, dan tulangan besi. Batu goa dipilih karena batu tersebut didapat dekat dari lokasi pembangunan sehingga mengurangi jarak dan waktu transportasi. Semen digunakan sebagai material cor, penggunaan semen yang berlebihan tidak ramah lingkungan karena pada saat proses manufaktur semen menghasilkan CO<sub>2</sub>. *Flyash* dan *ground granulated blast furnace slag* bisa ditambahkan ke dalam campuran cor sebagai bahan pengganti semen sehingga semen yang digunakan berkurang dan menganut konsep *reduce* dan *recycle*. Air yang digunakan didapatkan dari pembelian truk tangki sehingga transportasi dan waktu yang dibutuhkan tidak efektif, seharusnya digunakan air yang berasal dari proyek itu dengan melakukan pengeboran. Sloof berukuran 20x15 cm dengan selimut beton 2,5 cm terdiri dari tulangan 4Ø8 dengan sengkang Ø6-200. Panjang total sloof sepanjang 36 m sehingga untuk pemotongan tulangan tidak ada tulangan yang terbuang sia-sia karena terbagi rata menganut konsep *reduce*.

#### 4.3. Pekerjaan Kolom dan Balok

Terdapat 12 buah kolom 15x15cm dengan tinggi setiap kolom 3 m. Tulangan yang digunakan adalah 4Ø8 dengan sengkang Ø6-150, dibandingkan dengan panjang tulangan 12 m maka tidak ada

pembuangan tulangan sia-sia akibat pemotongan di *bar bending* menganut konsep *reduce*. Pengecoran digunakan dengan campuran semen, air dan pasir secara manual tanpa adanya bantuan mini molen sehingga waktu dan energi yang digunakan tidak efektif. Bekisting yang digunakan adalah papan randu yang dapat digunakan lagi untuk pekerjaan kolom untuk rumah lainnya maksimal 3 kali pemakaian(*reuse*), sehingga terdapat alternatif berupa bekisting plastik yang dapat digunakan untuk pengganti bekisting kayu. Bekisting tersebut lebih mudah untuk digunakan dan pemakaiannya hingga 100 kali lebih sehingga masa pakainya lebih lama dan menganut konsep *reuse*. Balok ukuran 15x15 cm dengan tulangan 4Ø6 dan sengkang Ø6-300, terdapat sisa potongan tulangan utama pada balok sehingga limbah dikumpulkan pada satu tempat dan dijual (*salvage*)

#### **4.4. Pekerjaan Dinding**

Dinding pada perumahan ini setinggi 3 meter, digunakan 7000 buah batu bata untuk membangun 1 unit rumah ukuran 36 di proyek tersebut. Pekerja memecah batu bata untuk mendirikan dinding pada bagian ujung-ujungnya sehingga menghasilkan banyak limbah berupa debu dan batu bata yang dipecah terlalu kecil sehingga tidak bisa digunakan lagi. Pecahan batu bata sisanya digunakan kembali untuk pekerjaan septic tank untuk mendirikan dinding septic tank dan menggunakan konsep *reuse* dalam *sustainable construction*. Terdapat alternatif dalam material dinding yaitu dengan penggunaan dinding precast karena pengerjaannya lebih cepat hanya satu hari dibandingkan dengan material batu bata selama 6 hari pekerjaan. Tidak adanya limbah yang dihasilkan dari pekerjaan dinding precast dan memudahkan tukang untuk pengerjaannya.

#### **4.5. Pekerjaan Atap**

Material yang digunakan pada pekerjaan atap adalah rangka galvalum. Rangka galvalum dipilih karena berat dari material itu sendiri sangatlah kecil sehingga tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proses pembuatan rangka galvalum tidak terlalu banyak dan pengerjaan dapat lebih efisien. Kelebihan menggunakan rangka galvalum adalah lebih hemat biaya karena dapat digunakan dalam waktu yang lama tanpa harus berganti rangka atap. Atap galvalum juga bebas dari rayap karena penggunaan rangka atap kayu rentan dimakan oleh rayap apalagi jenis kayu dengan kualitas kurang baik. Proses pemasangan atap galvalum lebih cepat dari pada kayu dan juga lebih ringan sehingga memudahkan pekerja.

Pada pengerjaan atap juga dibutuhkan material genteng sebagai penutup atap. Material yang dipakai pada proyek tersebut adalah genteng beton. Genteng tersebut diproduksi oleh pabrik di dekat proyek perumahan oleh karena itu dapat mengurangi biaya transportasi menganut konsep *sustainable construction*. Genteng tersebut terbuat dari campuran semen dan pasir kemudian dicampurkan dengan pigmen pewarna sesuai dengan warna genteng yang diinginkan.

#### **4.6. Pekerjaan Lantai**

Material yang digunakan pada proyek ini adalah lantai keramik dengan ukuran 30x30 cm untuk kamar, ruang tamu, ruang keluarga dan ukuran 20x20 cm untuk kamar mandi. Lantai keramik sangat mudah didapatkan di pasaran sehingga tidak perlu adanya pemesanan khusus yang memakan biaya lebih dan waktu cukup lama. Lantai keramik juga memiliki daya serap air yang rendah sehingga ketika ada kebocoran tidak menimbulkan kerugian yang cukup banyak.

Pelaksanaan pengerjaan lantai keramik diawali dengan pencampuran semen dan air. Hal ini sebagai perekat antara lantai keramik dengan plesteran nantinya. Terdapat pemotongan keramik untuk daerah tepi sehingga timbul banyak debu. Hasil potongan keramik digunakan kembali untuk pemasangan keramik pada rumah selanjutnya dengan konsep *reuse*. Pada akhir proyek jika ada sisa keramik maka akan disimpan kemudian dijual.

### **5. KESIMPULAN**

Material utama yang digunakan pada perumahan Graha Medali adalah beton, kayu dan besi.

Beton yang digunakan pada pekerjaan cor sloof, kolom dan balok masih belum menggunakan flyash sehingga kadar semen yang digunakan tinggi dan mengandung CO<sup>2</sup> yang besar. Bekisting yang

digunakan pada pekerjaan pondasi, kolom dan balok masih menggunakan kayu yang tidak memiliki ijin dari *Forest Stewardship Council* dan masa pakainya hanya 3-4 kali saja selanjutnya akan dibuang. Seharusnya digunakan bekisting yang terbuat dari plastik yang jangka waktu pemakaiannya lebih lama dan menganut konsep *reduce* dan *reuse*. Tulangan besi digunakan untuk pekerjaan sloof, kolom dan balok menghasilkan limbah yang sedikit karena pada pekerjaan sloof dan kolom sudah menggunakan ukuran yang sesuai sehingga tidak banyak sisa potongan besi. Sisa potongan tersebut kemudian dikumpulkan dan dijual menganut konsep *recycle* dan *salvage*.

*Reduce, reuse, recycle* dan *salvage* dilaksanakan dalam pekerjaan persiapan, pondasi, kolom dan balok, dinding, atap dan lantai. Jika semua konsep *sustainable construction* dilaksanakan dalam pekerjaan perumahan sederhana, maka banyak material yang dapat dihemat dan limbah dapat berkurang. Untuk perumahan ini saja terdiri dari 56 rumah, jika dapat melakukan penghematan akan berdampak positif bagi lingkungan, kontraktor dan kualitas rumah yang meningkat

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Engineers, T. I. (1999). *Building for a sustainable future: Construction without depletion*. London: SETO.
- Frick, D. H., & Suskiyatno, F. B. (2007). *Dasar-Dasar Arsitektur Ekologis*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kibert, C. (2008). *Sustainable Construction: Green Building Design And Delivery*. Hoboken: John Wiley & Son.
- Sakai, K., & Noguchi, T. (2013). *The Sustainable Use of Concrete*. United States of America: CRC Press.
- Samsidi, D. H., & Kosasih, J. M. (2009). *Reduce, Reuse, Recycle dan Salvage terhadap Construction Waste pada Proyek Konstruksi Surabaya*.