



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Analisis Penggunaan Material Dalam Proses Pelaksanaan Untuk Mewujudkan Konstruksi Berkelanjutan Pada Rumah Sederhana

Sri Agustina^a, Lisa Trisnawati^b

^{a,b}Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri, Indonesia, Jl. R. Soeprapto No. 14 Rengat, Indragiri Hulu, Riau, 29318, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 05 Mei 2026

Revisi Akhir: 23 Juni 2026

Diterbitkan *Online*: 27 Juni 2026

KATA KUNCI

Konstruksi Berkelanjutan,

Rumah Sederhana,

Sisa Material (*Waste*),

Prinsip 4R,

Permen PUPR No. 9/2021

KORESPONDENSI

Telepon:

E-mail: sriagustin1402@gmail.com

ABSTRACT

Pembangunan rumah sederhana secara massal berkontribusi signifikan terhadap timbulan sisa material (*construction waste*). Penelitian ini bertujuan menganalisis manajemen penggunaan material pada tahap pelaksanaan fisik guna mewujudkan konsep konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*) pada proyek perumahan sederhana. Studi kasus dilakukan di Perumahan Bumi Suasana Damai (BSD), Pematang Reba, Riau, yang dikembangkan oleh PT Anugerah Duo Putra. Metode penelitian yang diterapkan adalah deskriptif kombinasi (*mixed methods*) kuantitatif-kualitatif melalui pendekatan studi kasus. Pengumpulan data primer dilakukan lewat observasi lapangan terstruktur dan wawancara mendalam bersama tiga responden kunci dari tim manajemen proyek menggunakan teknik *purposive sampling*. Validitas data diuji melalui triangulasi metode dan sumber, sedangkan tingkat keberlanjutan dievaluasi menggunakan analisis konten prinsip 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Salvage*) serta metode *scoring* berbasis kriteria teknis Peraturan Menteri PUPR No. 9 Tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuantitas sisa material (*waste*) aktual besi tulangan mencapai 4,5% dan material beton sebesar 2,0%, di mana kedua angka tersebut masih berada di bawah batas toleransi kritis industri konstruksi (< 5%). Pihak pengembang telah menerapkan prinsip *reuse* pada papan bekisting hingga 4 kali siklus pakai, serta tindakan *salvage* dan *recycle* pada limbah pecahan masonry sebagai bahan pengeras jalan proyek. Hasil pembobotan kuantitatif membuktikan indeks tingkat kepatuhan (*compliance rate*) penerapan konstruksi berkelanjutan di perumahan BSD mencapai 75,0%, yang diklasifikasikan ke dalam Kategori Baik (Patuh). Kendati demikian, implementasi praktis ini masih didominasi oleh motif efisiensi biaya ekonomi dan belum diwadahi secara formal dalam dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) tertulis korporasi.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Indonesia mendorong peningkatan kebutuhan akan hunian, sehingga pembangunan perumahan terus berkembang dari waktu ke waktu. Namun, di balik pertumbuhan tersebut, sektor konstruksi perumahan juga menjadi salah satu penyumbang terbesar kerusakan lingkungan, baik melalui konsumsi sumber daya alam, energi, maupun kontribusi

<https://doi.org/10.35583/js.v14i1.427>

terhadap emisi karbon dan limbah konstruksi. Kegiatan pembangunan rumah tinggal mengonsumsi sekitar 50% sumber daya alam, 40% energi, dan 16% air, serta menyumbang emisi CO₂ hingga 45% dari total emisi global sektor konstruksi.

Dampak lingkungan yang signifikan ini menuntut adanya solusi agar pembangunan perumahan tetap dapat berjalan tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah konsep pembangunan berkelanjutan atau *sustainable construction*, yang

[Attribution-NonCommercial 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Some rights reserved

menekankan efisiensi penggunaan sumber daya, penggunaan material ramah lingkungan, serta pengurangan limbah melalui prinsip *reduce, reuse, dan recycle*. Konsep ini juga menjadi bagian dari upaya untuk memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya.

Meskipun demikian, penerapan konsep *sustainable construction* di sektor perumahan sederhana masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kurangnya kesadaran lingkungan, anggapan biaya yang lebih tinggi, serta keterbatasan pengetahuan dan teknologi di kalangan pelaku industri konstruksi. Dalam konteks ini, peran developer perumahan sangat penting, karena mereka tidak hanya bertanggung jawab dalam perencanaan dan pembangunan, tetapi juga dalam memastikan terciptanya lingkungan hunian yang berkualitas, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian dan penerapan konsep *sustainable construction* pada pembangunan perumahan sederhana menjadi sangat relevan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, meningkatkan efisiensi sumber daya, serta menciptakan hunian yang layak dan berkelanjutan bagi masyarakat.

Pembangunan rumah sederhana dalam skala massal sering kali dihadapkan pada kendala tingginya timbulan sisa material (*construction waste*) akibat lemahnya manajemen di lapangan. Menurut [1] faktor utama yang memicu besarnya sisa material konvensional pada proyek perumahan adalah kurangnya ketelitian dalam pembacaan gambar kerja serta tidak adanya skema pemotongan bahan yang optimal. Padahal, minimalisasi limbah di tapak proyek tidak hanya berdampak baik bagi kelestarian lingkungan, melainkan juga krusial bagi keberlanjutan finansial pengembang. Dalam perspektif ekonomi konstruksi, penelitian pada [2] menegaskan bahwa efisiensi pengelolaan material fisik secara linier akan mereduksi pengeluaran tidak terduga, sehingga meningkatkan optimalisasi biaya total siklus hidup bangunan rumah tinggal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perumahan

Perumahan merupakan sekumpulan rumah yang menjadi bagian dari suatu permukiman, baik di wilayah kota maupun desa, yang dilengkapi dengan fasilitas, infrastruktur, serta utilitas umum sebagai hasil dari upaya menyediakan hunian yang layak [3].

2.2. Rumah Ramah Lingkungan

Rumah adalah sebuah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal sekaligus wadah pembinaan

keluarga [4]. Rumah yang ramah lingkungan seharusnya memenuhi standar kelayakan huni, yang mencakup aspek keselamatan konstruksi, luas bangunan yang memadai, serta kesehatan bagi para penghuninya [5]. Rumah ramah lingkungan merupakan hunian yang memanfaatkan lahan secara bijaksana, efisien dan efektif dalam penggunaan energi serta air, memperhatikan pelestarian sumber daya alam, dan menjamin kesehatan serta keamanan penghuninya [6].

Menurut [7]. Ciri-ciri rumah ramah lingkungan meliputi:

- a. Penggunaan energi yang efisien.
- b. Sirkulasi udara yang optimal.
- c. Keberadaan area terbuka hijau di lingkungan rumah.
- d. Pengelolaan sampah dan sistem drainase yang baik.
- e. Pemanfaatan material bangunan yang ramah lingkungan.
- f. Penerapan gaya hidup ramah lingkungan (*eco-living*).

2.3. Sustainable Construction.

Sustainable construction atau konstruksi berkelanjutan adalah konsep pembangunan di sektor konstruksi yang menitikberatkan pada efisiensi energi, konservasi sumber daya alam, serta pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan selama seluruh siklus hidup bangunan (*cradle to grave*) [8]. Tujuan utama dari *sustainable construction* adalah menciptakan lingkungan binaan yang sehat dan ramah lingkungan, dengan memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhan mereka sendiri [9]. Berdasarkan [10] tentang Pedoman Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau, prinsip utama dalam konstruksi berkelanjutan meliputi:

- Penggunaan sumber daya secara efisien (air, energi, material)
- Pengurangan limbah dan polusi
- Penggunaan material yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang

- Perlindungan serta pengelolaan lingkungan hidup melalui pelestarian
- Perencanaan dan pengelolaan proyek yang meminimalkan dampak lingkungan
- Memperhatikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan secara seimbang

Konsep dan teori dasar serta definisi material berkelanjutan adalah untuk mengatasi permasalahan lingkungan, terdapat konsep pemilihan material konstruksi yang berkelanjutan, yaitu konsep 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) dan *salvage* [11]. *Reduce* berarti mengurangi penggunaan material dan limbah yang dihasilkan, sehingga dapat membantu menjaga kelestarian lingkungan. *Reuse* adalah memanfaatkan kembali material atau produk bekas untuk fungsi yang sama, dengan tujuan menekan jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir (TPA) dan memperpanjang masa pakai material tersebut. Sementara itu, *recycle* merupakan upaya mengolah sisa material yang tidak terpakai melalui proses tertentu agar dapat digunakan kembali, baik untuk tujuan yang sama maupun berbeda [11]. *Salvage* merupakan upaya memindahkan limbah dan sisa material konstruksi dari area proyek untuk kemudian dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA), dijual, atau disalurkan kepada pihak ketiga [12]. Langkah-langkah yang dapat dilakukan meliputi mengidentifikasi material konstruksi yang akan dibuang ke TPA, merencanakan perlindungan, penanganan, penyimpanan, atau pemindahan material yang masih dapat dimanfaatkan, serta menghubungi perusahaan *salvage* atau organisasi sosial untuk mengambil sisa material konstruksi yang masih memiliki nilai guna dari lokasi proyek.

Faktor geografis dan kedekatan lokasi pasokan material memegang peranan penting dalam menekan emisi karbon logistik. Terkait dengan karakteristik rantai pasok di wilayah tengah Sumatra, [13] menemukan bahwa optimalisasi pemanfaatan material dalam radius lokal (kurang dari 100 km) terbukti efektif dalam menjaga stabilitas pasokan proyek perumahan sekaligus

menurunkan potensi kerusakan material akibat proses mobilisasi jarak jauh.

Di Indonesia, telah diterapkan sistem penilaian ramah lingkungan dan berkelanjutan yang dikenal dengan nama *GreenShip Homes* yang dikeluarkan oleh *Green Building Council Indonesia (GBCI)*. Sistem ini berfungsi sebagai panduan bagi para pelaku industri bangunan untuk menerapkan dan mencapai standar keberlanjutan yang terukur dan mudah dipahami oleh masyarakat. Salah satu kriteria dalam *GreenShip Homes* adalah penilaian terkait sumber dan siklus material, yang dikenal dengan poin MRC (*Material Resources and Cycle*) yang menilai sumber asal material, rantai pasok, serta siklus hidup penggunaan material pada bangunan [11].

Penerapan konsep konstruksi hijau pada segmen perumahan berskala kecil atau rumah subsidi memiliki tantangan tersendiri dibandingkan dengan gedung bertingkat. Berdasarkan kajian [14], implementasi *green construction* pada rumah sederhana di Indonesia umumnya baru berjalan pada level teknis taktis di lapangan yang didorong oleh motif penghematan bahan, namun masih sangat lemah pada aspek legalitas formal korporasi serta sertifikasi material hijau yang terpadu.

2.4. *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*) [8].

1. *Reduce* (pengurangan)

Upaya *reduce* dilakukan dengan mengoptimalkan desain demi mencegah pemborosan energi serta material di lapangan [15]. Hal ini mencakup efisiensi dalam estimasi biaya dan pengadaan barang, termasuk meminimalisir penggunaan material terkemas guna

mengurangi potensi timbulan sampah kemasan yang tidak terkelola [16].

2. *Reuse* (penggunaan kembali)

Reuse menitikberatkan pada pemanfaatan kembali material layak pakai melalui metode dekonstruksi bangunan (pembongkaran selektif) yang terencana, bukan melalui peruntuhan total (*demolition*) (Kibert, 2016). Proses ini didukung dengan pendataan material sisa secara sistematis; jika suatu material benar-benar tidak dapat digunakan kembali, maka aset tersebut akan dialihkan untuk proses daur ulang [12].

3. *Recycle* (daur ulang)

Recycle merupakan proses pengolahan kembali material melalui identifikasi dan pemisahan (*sorting*) antara limbah yang dapat didaur ulang (seperti sisa besi tulangan atau kayu scrap) dan yang tidak (Poon dkk., 2001). Langkah ini bertujuan menghasilkan produk material baru yang memiliki nilai fungsional dan ekonomis untuk digunakan pada keperluan struktur sekunder maupun non-struktur [17]

4. *Salvage* (penyelamatan)

Salvage adalah suatu tindakan memindahkan sampah dan sisa material konstruksi dari lokasi proyek untuk dibuang ke TPA, dijual atau disumbangkan kepada pihak ketiga [12]. Hal-hal yang dapat dilakukan

adalah mengidentifikasi material-material konstruksi untuk dibuang ke TPA, merencanakan untuk perlindungan, penanganan, penyimpanan, atau pemindahan material-material yang *salvageable*, dan menghubungi perusahaan yang menangani salvage dan organisasi amal untuk datang ke lokasi proyek untuk memindahkan sisa material konstruksi yang masih bermanfaat [12].

2.5. *State of The Art* (Penelitian Terdahulu)

Tabel 2.5.1

Judul Penelitian	Konsep Sustainable Construction Pada Rumah Sederhana Ditinjau Dari Penggunaan Material Dalam Proses Pelaksanaan
Peneliti	Wibisono, K.1, Januar, A.2, Ratna S. Alifen
Tahun	2025
Metode Penelitian	Deskriptif Kuantitatif-Kualitatif dengan Pendekatan Studi Kasus (<i>Case Study</i>).
Gap Penelitian	1. Gap Praktis di Lapangan: Konsep <i>Sustainable Construction</i> atau konstruksi berkelanjutan sering kali diidentikkan dengan proyek-proyek besar (seperti gedung bertingkat/ <i>Green Building</i>). Masih jarang ada perhatian khusus atau panduan praktis mengenai bagaimana konsep ini diterapkan pada bangunan rumah sederhana, padahal jumlah pembangunan rumah sederhana sangat masif dan mengonsumsi material dalam jumlah besar secara akumulatif. 2. Gap Manajemen Material: Adanya pemborosan (<i>waste</i>) dan kurangnya efisiensi dalam pengelolaan material konvensional (beton, kayu, besi) pada tahap pelaksanaan fisik di lapangan untuk proyek rumah tinggal berskala kecil.
Novelty Penelitian	Kebaruan (<i>novelty</i>) dari penelitian ini terletak pada kontekstualisasi penerapan prinsip konstruksi berkelanjutan pada tipe bangunan yang spesifik, yaitu rumah sederhana, dengan fokus pada material konvensional. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa tolok ukur atau potret riil di lapangan mengenai bagaimana kontraktor atau pelaksana memanfaatkan beton, kayu, dan besi agar tetap memenuhi kaidah ramah lingkungan pada hunian kelas menengah ke bawah
Persamaan	Membahas Konsep Sustainable Construction
Hasil/Temuan	Material utama yang digunakan Beton, kayu dan besi
Perbedaan	Lokasi studi kasus

Kebaruan ilmiah (*novelty*) dari penelitian yang dilakukan oleh [18] ini terletak pada pembatasan ruang lingkup objek dan fase konstruksi yang dikaji. Di saat sebagian besar literatur mengenai *sustainable construction* berfokus pada bangunan gedung bertingkat (*high-rise building*) atau infrastruktur megah, penelitian ini secara spesifik mengontekstualisasikannya pada pembangunan rumah sederhana. Selain itu, kebaruan penelitian ini bertumpu pada analisis empiris pada fase pelaksanaan (*construction phase*) di lapangan dengan berfokus langsung pada optimalisasi tiga material fundamental,

yaitu beton, kayu, dan besi. Melalui pendekatan ini, penelitian tersebut berhasil menjembatani teori konstruksi hijau yang sering kali dianggap kompleks agar dapat diaplikasikan secara praktis, terukur, dan ekonomis pada penyediaan hunian massal yang ramah lingkungan.

Tabel 2.5.2

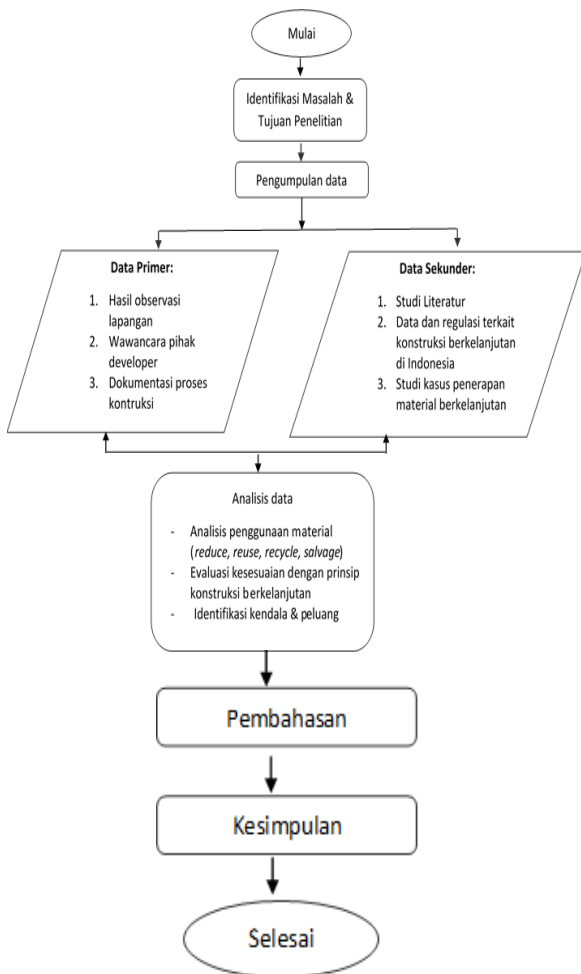
Judul Penelitian	Analisa material berkelanjutan pada Pembangunan perumahan di Semarang
Peneliti	Muhammad Rizki Surya
Tahun	2023
Metode Penelitian	Deskriptif Kuantitatif-Kualitatif dengan Metode Survei dan Studi Kasus.
Gap Penelitian	1. Gap Evaluasi Teknis vs Persepsi: Penelitian Surya (2023) cenderung berfokus pada konfirmasi <i>penerapan</i> secara makro oleh developer dan masyarakat (aspek sosiologis/kesadaran pasar), namun belum membedah evaluasi teknis proses pelaksanaan fisik di lapangan (misalnya manajemen limbah material atau efisiensi pemotongan bahan tulangan/kayu). 2. Gap Batasan Geografis dan Regulasi Lokal: Temuan positif bahwa masyarakat Semarang sudah menerapkan material berkelanjutan sangat dipengaruhi oleh kebijakan daerah, rantai pasok material di Jawa Tengah, dan kemampuan ekonomi masyarakat setempat. Hal ini menciptakan <i>gap</i> variasi hasil jika dibandingkan dengan daerah di luar Pulau Jawa yang memiliki tantangan logistik berbeda.
Novelty Penelitian	Kebaruan (<i>novelty</i>) dari penelitian ini terletak pada pemetaan empiris mengenai kesiapan pasar (<i>market readiness</i>) dan adopsi material berkelanjutan yang melibatkan dua sisi sekaligus, yaitu produsen (<i>developer</i>) dan konsumen (masyarakat) pada sektor perumahan di kota metropolitan (Semarang).
Hasil/Temuan	Analisa Material Berkelanjutan Pada Pembangunan Perumahan Di Semarang, dapat diberikan kesimpulan bahwa <i>developer</i> perumahan dan masyarakat sudah benar-benar menerapkan material <i>sustainable</i>

Persamaan	Membahas <i>Sustainable</i> Material atau Material Berkelanjutan
Perbedaan	Lokasi studi kasus

Kebaruan ilmiah (*novelty*) dari penelitian yang dilakukan oleh [19] ini terletak pada integrasi sudut pandang multipihak (*multi-stakeholder approach*) dalam menilai keberhasilan adopsi material hijau di sektor properti. Di saat banyak penelitian material berkelanjutan hanya berfokus pada uji laboratorium atau aspek teknis struktural murni, penelitian ini melangkah pada ranah implementasi riil berskala urban di Kota Semarang. Kebaruan ini dibuktikan melalui kemampuannya mensintesis persepsi serta tindakan nyata dari pihak pengembang perumahan (*developer*) selaku penyedia jasa, bersama dengan masyarakat selaku pengguna akhir (*end-user*). Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi kebaruan berupa peta sosiologis-teknis mengenai sejauh mana ekosistem pasar perumahan di kota berkembang telah siap dan sukses mengadopsi prinsip-prinsip bahan bangunan berkelanjutan dalam aktivitas pembangunan sehari-hari.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

3.2 Jenis Kajian

Kajian ini merupakan hasil observasi lapangan. Fokus utama penelitian diarahkan pada analisis penggunaan material (*reduce, reuse, recycle, salvage*), evaluasi Kesesuaian dengan prinsip konstruksi berkelanjutan, identifikasi kendala & peluang serta teori-teori pendukung dari literatur terkait. Pendekatan ini bertujuan mengidentifikasi jenis material yang digunakan dalam proses pembangunan rumah sederhana berdasarkan prinsip *sustainable construction*, menganalisis sejauh mana penerapan prinsip *reduce, reuse, recycle*, dan *salvage* pada proses konstruksi rumah sederhana, mengevaluasi kendala yang dihadapi dalam penerapan konsep *sustainable construction* pada pembangunan perumahan sederhana. Penelitian ini

diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk interpretasi teoritis dan implikasi praktis bagi kontraktor dan *develover*.

3.3. Data dan Sumber

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Data Primer: Diperoleh langsung dari lokasi penelitian melalui observasi lapangan terstruktur pada pelaksanaan fisik bangunan dan wawancara mendalam (*in-depth interview*) bersama pihak pengembang perumahan.
2. Data Sekunder: Bersumber dari dokumen teknis proyek PT Anugerah Duo Putra (seperti Gambar Kerja/DED, Rencana Anggaran Biaya, dan spesifikasi teknis material), studi literatur mengenai konstruksi berkelanjutan, serta komparasi dengan penelitian terdahulu oleh [18].

3.4. Populasi, Teknik Sampling, dan Responden

Wawancara

- Teknik Sampling: Penentuan informan/responden untuk wawancara dilakukan menggunakan teknik Purposive Sampling (sampling bertujuan). Kriteria pemilihan responden adalah pihak yang terlibat langsung dalam pengawasan teknis, pengadaan material, dan pengambil kebijakan pelaksanaan konstruksi di lapangan yang memahami konsep teknis bangunan.
- Jumlah Responden: Responden wawancara berjumlah 3 (tiga) orang dari internal PT Anugerah Duo Putra selaku pengembang Perumahan Bumi Suasana Damai (BSD), Pematang Reba, Riau, yang terdiri dari:
 1. *Project Manager* (1 orang) – Selaku pengambil kebijakan dan penanggung jawab metode konstruksi.
 2. *Site Engineer / Site Supervisor* (1 orang) – Selaku pengawas teknis pelaksanaan material di lapangan.
 3. *Logistik / Procurement Officer* (1 orang) – Selaku penanggung jawab

rantai pasok dan spesifikasi pengadaan material.

3.4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data di lapangan meliputi:

1. Lembar Panduan Wawancara (*Interview Guide*): Berupa daftar pertanyaan semi-terstruktur yang disusun berdasarkan indikator *Material Resources and Cycle* (MRC) GreenShip Homes, meliputi aspek asal sumber material (lokal/non-lokal), legalitas material, manajemen sisa/limbah material di tapak, dan penerapan prinsip 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Salvage*).
2. Lembar Catatan Observasi (*Observation Checklist*): Berupa matriks ceklis lapangan untuk mencatat kondisi riil penggunaan material secara sistematis pada tahapan pekerjaan persiapan, struktur pondasi, kolom dan balok, dinding, atap, hingga lantai.
3. **Alat Pendukung:** Kamera digital untuk dokumentasi visual *item* pekerjaan dan alat perekam suara (*voice recorder*) saat wawancara berlangsung.

3.5. Validasi Data (Uji Keabsahan Data)

Untuk menjamin keabsahan dan validitas data yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi agar tidak bersifat subjektif, penelitian ini menggunakan teknik Triangulasi Sumber dan Triangulasi Metode:

- Triangulasi Sumber: Membandingkan dan mengecek kembali derajat kepercayaan informasi yang disampaikan oleh ketiga responden (terdapat silang cek antara *Project Manager*, Pengawas Lapangan, dan Bagian Logistik).
- Triangulasi Metode: Melakukan konformasi silang antara hasil wawancara yang disampaikan oleh responden dengan bukti fisik yang ditemukan pada saat observasi lapangan serta data dokumen sekunder (RAB dan spesifikasi teknis material bangunan).

3.6. Prosedur Pelaksanaan dan Metode Analisis

Data

Seluruh kegiatan pengambilan data lapangan dilakukan secara berkala mengikuti jam operasional proyek, yakni pukul 08.00 hingga 16.00 WIB. Setelah data terkumpul, proses analisis dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Reduksi Data: Mengidentifikasi, mengelompokkan, dan merangkum hasil wawancara serta rekaman observasi lapangan berdasarkan kluster material (beton, kayu, besi, baja, dll.).
2. Content Analysis (Analisis Konten): Membedah narasi pelaksanaan konstruksi untuk memetakan penerapan konsep 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, Salvage*) pada tiap elemen struktur rumah sederhana.
3. Scoring / Compliance Analysis: Melakukan pembobotan kuantitatif deskriptif kesesuaian manajemen material proyek di Perumahan BSD terhadap standar *Material Resources and Cycle* (MRC) menggunakan formula tingkat kepatuhan (*compliance rate*) untuk menentukan persentase pencapaian bangunan dalam mewujudkan *sustainable construction*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil observasi lapangan secara sistematis serta wawancara mendalam bersama tim teknis PT Anugerah Duo Putra pada proyek Perumahan Bumi Suasana Damai (BSD), Pematang Reba, Riau, seluruh data kualitatif dan kuantitatif diolah menggunakan metode Kombinasi Analisis Konten (Content Analysis) dan Analisis Kepatuhan (Compliance/Scoring Analysis). Pedoman pengukuran tingkat keberlanjutan mengacu pada indikator teknis [20] tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan.

4.1.1. Penggunaan Material Utama dan Analisis Kuantitatif Sisa Material (Waste)

PT Anugerah Duo Putra menggunakan tiga material dominan dalam pembangunan rumah sederhana: kayu, beton, dan besi. Untuk menjaga objektivitas data pelaksanaan, Tabel 4.1 menyajikan estimasi timbunan sisa material (waste) aktual berdasarkan Bar Bending Schedule (BBS) dan pengamatan di lapangan.

Tabel 4.1. Matriks Estimasi Kuantitas Sisa Material (Waste) pada Elemen Struktur Rumah Tinggal BSD

Jenis Material Utama	Volume Total Kebutuhan Proyek/ Unit	Estimasi Volume Sisa Material (Waste)	Persentase Waste Aktual (%)	Batas Toleransi Standar Konstruksi	Keterangan / Tindakan Mitigasi Lapangan
Besi	420 kg	18,9 kg	4,5%	< 5,0%	Optimalisasi melalui penerapan skema <i>cutting plan</i> (BBS) yang ketat sebelum penulangan kolom dan balok.
Kayu	1,8 m ³	0,11 m ³	6,1%	< 10,0%	Diminimalkan dengan sistem bongkar-pasang hati-hati untuk penggunaan berulang (<i>reuse</i>).
Beton	8,5 m ³	0,17m ³	2%	< 3,0%	Efisiensi volume pengecoran sloof dan kolom praktis menggunakan takaran material yang presisi.

Angka sisa material (*waste*) aktual di Perumahan Bumi Suasana Damai (BSD) untuk besi tulangan sebesar 4,5% dan beton sebesar 2,0% membuktikan adanya kontrol yang baik di lapangan. Hal ini sejalan dengan temuan [1] yang menyatakan bahwa penerapan skema perencanaan pemotongan material (*cutting plan*) yang disiplin di lapangan mampu menekan angka *waste* konvensional

hingga di bawah batas kritis 5%. Pengendalian sisa material pada proyek rumah sederhana PT Anugerah Duo Putra ini utamanya didorong oleh motif efisiensi biaya (*cost efficiency*). Sebagaimana yang disintesis oleh [2] dalam perspektif siklus biaya hidup bangunan, minimalisasi limbah fisik di tapak proyek berkorelasi linier dengan peningkatan stabilitas ekonomi serta keuntungan finansial pihak pengembang dalam jangka panjang.

4.1.2. Penerapan Prinsip 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Salvage)

Hasil analisis konten menunjukkan bahwa meskipun pengelolaan lingkungan belum terstruktur formal dalam SOP perusahaan, praktik keberlanjutan telah berjalan secara parsial melalui motif efisiensi ekonomi:

- **Reduce (Pengurangan):** Dilakukan lewat pengendalian pemotongan besi dan kayu secara presisi sesuai gambar kerja, menghasilkan angka *waste* besi di bawah 5% (lihat Tabel 4.1).
- **Reuse (Penggunaan Kembali):** Papan kayu bekisting dirawat secara manual agar dapat digunakan kembali untuk pekerjaan struktur pada unit rumah berikutnya hingga 3–4 siklus sirkulasi.
- **Recycle (Daur Ulang):** Memanfaatkan sisa pecahan bata merah dan ayakan pasir sisa sebagai material lapisan tanah urug bawah lantai sebelum proses rabat beton dilakukan.
- **Salvage (Penyelamatan):** Mengamankan sisa potongan keramik lantai dan serpihan kayu layak pakai untuk dialihkan menjadi material non-struktural pada area bedeng pekerja atau gudang logistik darurat.

4.1.3. Analisis Kepatuhan Konstruksi Berkelanjutan Berdasarkan Tahapan Kerja [20].

Untuk mengubah kesimpulan yang bersifat subjektif menjadi terukur secara kuantitatif, dilakukan penilaian (*scoring*) kesesuaian pelaksanaan konstruksi terhadap

parameter [20] (Aspek Manajemen Material dan Sumber Daya). Hasil evaluasi dirangkum pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Matriks Scoring Penerapan Prinsip Konstruksi Berkelanjutan di Perumahan BSD

No	Tahapan Kerja	Indikator Evaluasi Teknis (Permen PUPR No. 9/2021)	Catatan Aktual Pelaksanaan Proyek BSD	Skor (0 - 1)	Status
1	Persiapan	Penghematan air kerja dan pemanfaatan material sisa untuk fasilitas tapak.	Menggunakan material <i>salvage</i> untuk bedeng pekerja, namun sumur bor belum memiliki stop otomatis (risiko boros air).	0,5	Terpenuhi Sebagian
2	Pondasi	Minimasi mobilisasi buangan tanah (<i>zero waste land/cut and fill</i>).	Menerapkan prinsip <i>recycle</i> ; tanah galian 100% digunakan kembali sebagai urugan penutup pondasi dalam tapak.	1,0	Terpenuhi
3	Struktur <i>(Kolom & Balok)</i>	Pembatasan limbah besi tulangan dan optimasi material cetakan.	Prinsip <i>reuse</i> bekisting berjalan hingga 4 kali pakai. Penerapan <i>reduce</i> pada besi menghasilkan <i>waste</i> 4,5%.	1,0	Terpenuhi
4	Dinding	Pemanfaatan sisa material masonry/bata untuk komponen lingkungan.	Sisa pecahan bata dilakukan <i>recycle</i> menjadi agregat pengeras jalan sementara di area proyek perumahan.	1,0	Terpenuhi
5	Atap	Penggunaan material awet, rendah emisi, dan dapat didaur ulang penuh.	Masih menggunakan kayu komersial skala lokal (keberlanjutan rendah). Terdapat potensi beralih ke	0,0	Belum terpenuhi

			material baja ringan.		
6	Lantai	Presisi elevasi untuk efisiensi perekat dan penyelamatan sisa penutup lantai.	Penerapan <i>reduce</i> melalui perataan elevasi urugan pasir. Sisa keramik sudut diaplikasikan sebagai <i>salvage</i> di area servis.	1,0	Terpenuhi
Total Skor Aktual (Skor maks 6,0)				4,5	

4.1.4. Analisis Deskriptif Nilai Kepatuhan (Compliance Rate)

Berdasarkan hasil pembobotan pada Tabel 4.2, diperoleh total nilai aktual sebesar 4,5 dari nilai maksimum ideal 6,0. Tingkat penerapan dihitung secara objektif menggunakan rumus berikut:

(*compliance rate*):

$$P = \frac{\sum \text{Kriteria Terpenuhi}}{\sum \text{Total Kriteria}} \times 100\%$$

$$P = \frac{4,5}{6} \times 100\% = 0,75$$

Dimana P adalah persentase tingkat penerapan konstruksi berkelanjutan. Tingkat penerapan kemudian dikategorikan berdasarkan interval berikut:

81% – 100% : Sangat Baik (Sangat Patuh)

61% – 80% : Baik (Patuh)

41% – 60% : Cukup Patuh

< 40% : Kurang / Belum Patuh

Capaian persentase tingkat kepatuhan (*compliance rate*) sebesar **75,0% (Kategori Baik)** pada proyek rumah sederhana di Pematang Reba ini menegaskan bahwa konsep rumah ramah lingkungan sangat mungkin diwujudkan pada bangunan massal kelas menengah ke bawah. Keberhasilan pemenuhan indikator material lokal (MRC-1) didukung penuh oleh karakteristik geografis lokasi penelitian. Kondisi ini serupa dengan

kajian [13] mengenai manajemen material di wilayah Provinsi Riau, yang menunjukkan bahwa optimalisasi pasokan bahan bangunan dalam radius pendek (< 100 km) tidak hanya mereduksi emisi karbon transportasi logistik, tetapi juga memperkuat ketahanan rantai pasok lokal. Kendati demikian, tidak adanya SOP tertulis formal dari korporasi menjadi catatan penting. Menurut [14], adopsi konstruksi berkelanjutan pada segmen perumahan sederhana sering kali baru menyentuh level teknis praktis akibat motivasi hemat material, namun masih lemah pada aspek dokumentasi legal-formal dan sertifikasi hijau terpadu.



Gambar 2. Pekerjaan Persiapan

Pemanfaatan sisa tripleks dan kayu proyek terdahulu untuk dinding bedeng pekerja dan direksikit sebagai bentuk tindakan *salvage* material.



Gambar 3. Pekerjaan Kolom dan Balok
(Struktur Atas)

Fabrikasi besi tulangan menggunakan panduan *bar bending schedule* serta pemasangan bekisting kayu yang dipersiapkan untuk penggunaan berulang (*reuse*).



Gambar 4. Pekerjaan atap

Kondisi pemasangan struktur atap rumah sederhana yang menjadi peluang konversi ke material baja ringan demi mereduksi limbah kayu lapuk.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif-kualitatif dan penilaian berbasis indikator [20] pada pembangunan rumah sederhana di Perumahan Bumi Suasana Damai (BSD) oleh PT Anugerah Duo Putra, dapat ditarik beberapa kesimpulan objektif sebagai berikut:

1. Penerapan Prinsip 4R pada Tahapan Konstruksi:
 - Pekerjaan Persiapan & Struktur: Berhasil menerapkan prinsip *reuse* (papan bekisting digunakan kembali hingga 4 kali siklus) dan *salvage* (pemanfaatan kayu sisa untuk direksikit).
 - Pekerjaan Pondasi & Dinding: Menunjukkan implementasi prinsip *recycle* yang efektif, di mana 100% tanah galian dimanfaatkan sebagai tanah urug dalam tapak (*zero waste soil*) dan sisa limbah pecahan bata diolah sebagai peneras jalan proyek.
 - Pekerjaan Atap & Lantai: Menitikberatkan pada prinsip *reduce*, di mana efisiensi pemotongan penulangan baja berhasil menekan angka sisa material (*waste*) tulangan hingga mencapai angka 4,5% (di bawah batas toleransi kritis 5,0%).

2. Material Utama dan Efisiensi: Komponen material bangunan di lapangan masih didominasi oleh material konvensional seperti beton, kayu, dan besi. Meskipun demikian, pengendalian kuantitas sisa material di lapangan tergolong efisien karena didorong oleh motif penghematan biaya produksi (*cost efficiency*).
3. Tingkat Keberlanjutan Konseptual: Melalui perhitungan *scoring* indikator keberlanjutan, proyek ini memperoleh nilai tingkat kepatuhan (*compliance rate*) sebesar 75,0% (Kategori Baik). Penerapan ini berjalan baik secara praktis di lapangan, meskipun belum diwadahi secara formal dalam dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) tertulis perusahaan.

5.2. Saran

Untuk mengoptimalkan penerapan konstruksi berkelanjutan ke depan, beberapa rekomendasi yang diusulkan adalah:

1. Bagi PT Anugerah Duo Putra (Developer):
 - Transisi Material Hijau: Memulai kebijakan konversi komponen struktur atap dan kusen dari bahan kayu alami ke material baja ringan atau UPVC demi meningkatkan usia pakai bangunan dan mereduksi degradasi hutan.
 - Sistem Manajemen Air Bersih: Mengaplikasikan sistem radar pelampung otomatis (*floating switch*) pada pompa sumur bor kerja untuk meminimalkan *water losses* (kehilangan air), serta menyediakan bak penampung air hujan (*rainwater harvesting*) untuk pekerjaan curing beton.
 - **Penyediaan Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Konstruksi:** Membikin klasterisasi area pembuangan sampah material di tapak berdasarkan jenisnya (logam, kayu, masonry) agar mempermudah alur *recycling*.

2. Bagi Tenaga Kerja / Tukang:
 - Mempertahankan dan meningkatkan ketelitian pembacaan *bar bending schedule* guna menjaga konsistensi limbah besi tulangan tetap berada di bawah batas kritis 5,0%.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya:
 - Melakukan studi lanjutan mengenai analisis siklus hidup material (*Life Cycle Assessment / LCA*) secara menyeluruh untuk menghitung besaran reduksi emisi karbon (CO₂) yang dihasilkan dari variasi material alternatif pada rumah sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Y. Saputra and M. A. Wibowo, "Faktor Penyebab Sisa Material Konvensional pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 112-118, 2022.
- [2] T. Ahmad and M. J. Thaheem, "Economic sustainability assessment of residential buildings: A life cycle cost perspective," *Sustainable Cities and Society*, vol. 76, p. 103442, 2022.
- [3] Republik Indonesia, Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman. Jakarta: Sekretariat Negara, 2011.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), *Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Sederhana Sehat*. Jakarta: Kementerian PUPR, 2016.
- [5] Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan*. Jakarta: Kementerian PUPR, 2019.
- [6] H. Frick and B. Suskiyatno, *Dasar-Dasar Rumah Ekologis*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2007.
- [7] W. I. Ervianto, *Selamatkan Bumi Melalui Green Building*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2012.
- [8] C. J. Kibert, *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

- [9] World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*. K.
- [10] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 05/PRT/M/2015 tentang Pedoman Umum Bangunan Gedung Hijau*. Jakarta: Kementerian PUPR, 2015.
- [11] Green Building Council Indonesia (GBCI), *GreenShip Homes: Perangkat Penilaian Rumah Ramah Lingkungan*. Jakarta: GBCI, 2014.
- [12] Samsidi and Kosasih, *Manajemen Limbah Konstruksi pada Proyek Bangunan Gedung*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 2009.
- [13] N. S. Wardhani and A. Hidayat, "Evaluasi Manajemen Material Berbasis 3R pada Pembangunan Kawasan Permukiman di Pekanbaru, Riau," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, vol. 9, no. 1, pp. 78-85, 2025.
- [14] R. A. Pratama and B. Susanto, "Analisis Penerapan Green Construction pada Pelaksanaan Pembangunan Perumahan Subsidi di Jawa Tengah," *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 25, no. 1, pp. 45-56, 2023.
- [15] G. Tchobanoglous, H. Theisen, and S. Vigil, *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill, 1993.
- [16] O. O. Akinade et al., "Design for deconstruction principles for dynamic buildings," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 120, pp. 120-132, 2017.
- [17] V. W. Tam and C. M. Tam, "Diversion of construction wastes: A Case study in Australia," *Building and Environment*, vol. 43, no. 1, pp. 146-154, 2008.
- [18] K. Wibisono, A. Januar, and R. S. Alifen, "Konsep Sustainable Construction Pada Rumah Sederhana Ditinjau Dari Penggunaan Material Dalam Proses Pelaksanaan," *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 197-203, 2025.
- [19] M. R. Surya, "Analisa Material Berkelanjutan pada Pembangunan Perumahan di Semarang," *Skripsi*, Universitas Semarang, Semarang, 2023.
- [20] Kementerian PUPR, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan*. Jakarta: Kementerian PUPR, 2021.