BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan proyek yang berkaitan dengan bidang konstruksi (pembangunan) yang mempunyai dimensi waktu terbatas dengan alokasi sumber dana tertentu, guna mewujudkan suatu gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu, setelah gagasan tersebut layak untuk dilaksanakan (Nahumarury, Rudy Serang; Maslan, 2024).

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang dapat mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak pihak yang terkait, baik secara langsung maupun secara tidak langsung (Ervianto, 2023).

Menurut (Sahrudin, 2024) tahapan kegiatan dalam proyek konstruksi dapat dibagi menjadi:

1. Tahap perencanaan *(Planning)*
2. Tahap perancangan *(Design)*
   Tahap perancangan terdiri dari:
   a. Tahap pra rancangan *(Preliminary Design)*
   b. Pengembangan rancangan *(Development Design)*
3. Tahap rancangan akhir dan penyiapan dokumen pelaksanaan *(Final Design & Construction Document)*
4. Tahap pengadaan/ pelelangan/ tender
5. Tahap pelaksanaan *(Construction)*
6. Tahap pengendalian

3.2 Definisi *Green Construction*

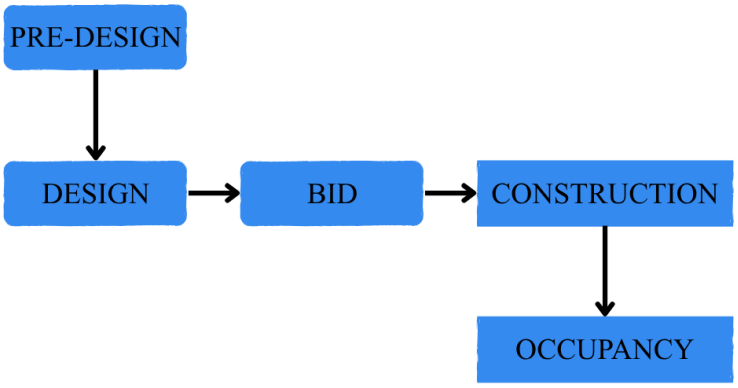
Green construction atau konstruksi ramah lingkungan adalah suatu gerakan praktik membangun dengan menerapkan proses yang memperhatikan lingkungan, efisien dalam pemakaian energi dan sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan dari tahap perencanaan, pelaksanaan dan pemakaian produk konstruksi. Gerakan konstruksi hijau ini juga identik dengan sustainbilitas yang mengedepankan keseimbangan antara keuntungan jangka pendek terhadap risiko jangka panjang dengan berbagai usaha untuk tidak merusak kesehatan, keamanan dan kesejahteraan masa depan. Perencanaan konstruksi ramah lingkungan diharapkan menghasilkan perencanaan sistem bangunan yang efisien dalam penggunaan energi, air, material yang dapat di daur ulang *(recycle),* digunakan kembali *(reuse)* dan mengurangi penggunaan material secara berlebihan *(reduce)* (Maulidianti et al., 2021).

Menurut (Maskur et al., 2026) *green construction* atau konstruksi hijau merujuk pada praktik pembangunan yang mengutamakan efisiensi sumber daya dan pelestarian lingkungan dalam seluruh siklus hidup bangunan. Ini mencakup proses perencanaan, desain, konstruksi, serta pemeliharaan dan penghancuran bangunan.

Sedangkan menurut (Ervianto, 2015b) definisi *green construction* adalah suatu perencanaan dan pelaksanaan proses kontruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang.

Jadi pada prinsipnya *green construction* ini adalah untuk menghasilkan suatu bangunan yang memperhatikan prinsip ramah lingkungan, penggunaan sumber daya alam dan energi secara efisien dengan memperhatikan segala aspek seperti tata ruang agar mutu dari kualitas udara di dalam ruangan tetap terjaga, penggunaan material yang terbarukan, tetap menjaga mutu bangunan dan memperhatikan kesehatan penghuninya yang semuanya berdasarkan kaidah pembangunan berkelanjutan. Aspek-aspek tersebut diperhatikan selama siklus hidup bangunan yaitu dari tahap perencanaan, pembangunan, operasional, pemeliharaan, renovasi bahkan hingga pembongkaran (Sahrudin, 2024).

Berdasarkan penjelasan di atas dapat digambarkan bahwa konsep bangunan *green* seperti gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Konsep Bangunan *Green*

Sumber : US *Green Building Council*, 1996 dalam (Ervianto, 2009)

Tahap pra-desain mencakup kegiatan:

a. Mengembangkan visi hijau,
b. Menetapkan tujuan proyek dan kriteria desain hijau,
c. Menetapkan prioritas,
d. Mengembangkan program bangunan,
e. Menetapkan anggaran,
f. Membentuk tim hijau,
g. Mengembangkan strategi kemitraan,
h. Mengembangkan jadwal proyek,
i. Meninjau hukum dan standar,
j. Melakukan penelitian.

Tahap desain mencakup kegiatan:

a. Desain skematis, terdiri dari:
    1) Konfirmasi kriteria desain hijau,
    2) Kembangkan solusi hijau,
    3) Uji solusi hijau,
    4) Periksa biaya.

b. Pengembangan desain, terdiri dari:
    1) Perbaiki solusi hijau,
    2) Kembangkan, uji, pilih solusi hijau,
    3) Periksa biaya.
c. Dokumen konstruksi, terdiri dari:
    1) Dokumentasikan material dan sistem hijau,
    2) Periksa biaya.

Tahapan penawaran meliputi:

a. Memperjelas solusi ramah lingkungan,
b. Menetapkan biaya,
c. Menandatangani kontrak.

Tahap konstruksi mencakup kegiatan:

a. Meninjau substitusi dan pengajuan untuk produk ramah lingkungan,
b. Meninjau data uji material,
c. Membangun proyek,
d. Menugaskan sistem, terdiri dari:
    1) Pengujian,
    2) Manual operasi dan pemeliharaan,
    3) Pelatihan.

Tahap hunian mencakup kegiatan:

a. Mengaktifkan kembali sistem,
b. Melakukan pemeliharaan,
c. Melakukan evaluasi pasca hunian.

3.3 Konsep Pembangunan *Green Construction*

Pembangunan *Green Construction* memiliki konsep yang harus diterapkan dalam prosesnya. Hal ini dilakukan agar tercapainya tujuan pembangunan yang ramah lingkungan baik dari material, dan dampak bagi penghuni yang menempati konstruksi hijau tersebut (Sahrudin, 2024).

Menurut (Glavinich, 2008) menyatakan bahwa konsep *green construction* mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi,
2. Konservasi material,
3. Tepat guna lahan,
4. Manajemen limbah konstruksi,
5. Penyimpanan dan perlindungan material,
6. Kesehatan lingkungan kerja,
7. Menciptakan lingkungan kerja yang ramah lingkungan,
8. Pemilihan dan operasional peralatan konstruksi,
9. Dokumentasi

Menurut (Maskur et al., 2026) konsep ini tidak hanya berfokus pada pengurangan emisi gas rumah kaca, tetapi juga mencakup efisiensi energi, pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, dan penciptaan ruang yang sehat bagi penghuninya. Dalam konteks global yang semakin rentan terhadap perubahan iklim dan kerusakan lingkungan, penerapan *green construction* menjadi semakin mendesak.

Salah satu aspek utama dari *green construction* adalah efisiensi energi. Bangunan yang dirancang dengan prinsip hijau mengutamakan penggunaan material yang dapat meningkatkan batas isolasi termal, meminimalkan pemborosan energi, serta memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya atau angin. Pendekatan ini memungkinkan pengurangan biaya operasional dalam jangka panjang sekaligus mengurangi jejak karbon dari bangunan tersebut. Dalam era di mana biaya energi semakin meningkat, efisiensi energi menjadi fokus penting bagi para perancang dan kontraktor.

Selain efisiensi energi, *green construction* juga menekankan penggunaan material ramah lingkungan. Ini mencakup bahan bangunan yang tidak hanya berkelanjutan seperti yang berasal dari sumber terbarukan atau daur ulang tetapi juga bebas dari bahan berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan penghuni. Penggunaan material lokal juga menjadi prioritas untuk mengurangi jejak transportasi dan mendukung ekonomi lokal. Dengan memilih material yang bertanggung jawab secara lingkungan, proses konstruksi dapat diminimalisir dampaknya bagi ekosistem. Pengelolaan air merupakan salah satu komponen penting lainnya dalam

green construction. Mengingat bahwa air adalah sumber daya yang semakin langka, teknik pengelolaan yang efisien sangat diperlukan. Bangunan hijau sering kali dilengkapi dengan sistem pemanenan air hujan, pengolahan limbah, dan teknologi efisiensi air yang dapat meminimalkan penggunaan air bersih. Inisiatif ini tidak hanya berfokus pada pengurangan konsumsi air, tetapi juga membantu melindungi sumber daya air lokal dan meningkatkan kualitas lingkungan. Aspek kesehatan dan kenyamanan penghuni turut menjadi fokus utama dalam *green construction*. Desain yang baik dan penggunaan material berkualitas tinggi dapat menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan mental dan fisik. Pencahayaan alami, ventilasi yang baik, serta penggunaan warna dan tekstur yang mendukung dapat berdampak positif pada kesejahteraan penghuni. Dengan menciptakan lingkungan yang sehat, *green construction* bukan hanya memberikan manfaat bagi alam, tetapi juga bagi kualitas hidup manusia.

Green construction mendorong keterlibatan masyarakat dalam setiap tahap pengembangan. Proses kolaboratif ini memungkinkan adanya partisipasi masyarakat dalam perencanaan, desain, dan pelaksanaan proyek-proyek konstruksi. Dengan mendengarkan pandangan dan kebutuhan masyarakat sekitar, proyek konstruksi tidak hanya menjadi lebih relevan, tetapi juga menciptakan rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama. Inisiatif ini memperkuat ikatan sosial sambil memastikan bahwa pembangunan yang dilakukan dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi komunitas lokal.

3.4 Ciri-Ciri Bangunan *Green Construction*

Menurut Budisuanda 2011 dalam penelitian (Sahrudin, 2024) menjelaskan ciri-ciri *green construction* dapat disebutkan beberapa diantaranya adalah:

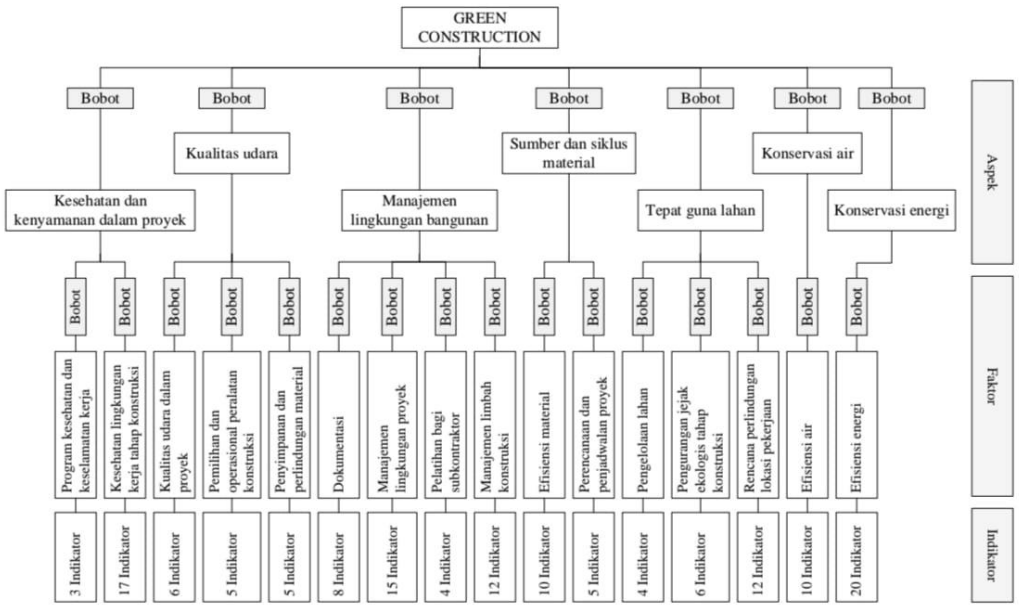
1. Proses pembangunan yang berusaha mengurangi material yang merusak lingkungan,
2. Proses pembangunan yang tidak mengganggu ketenangan penghuni sekitar,
3. Metode pelaksanaan yang tidak menghasilkan limbah diatas batas ambang toleransi,
4. Metode pelaksanaan yang tidak mengganggu keseimbangan alam sekitar,

5. Pelaksanaan pembangunan yang tidak mencemari lingkungan atas bahan kimia yang berbahaya,
6. Proses pembangunan yang harusnya memanfaatkan kembali sisa material,
7. Proses pembangunan yang menggunakan material yang tidak merusak lingkungan hidup.

Paparan diatas dapat disimpulkan bahwa pembangunan *green construction* merupakan pembangunan yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan pembangunan perumahan saat ini.

3.5 Model *Assessment Green Construction*

Model *Assessment Green Construction* yang dikembangkan oleh Ervianto merupakan sistem penilaian yang dianggap cukup menggambarkan kondisi lapangan di Indonesia. Model ini juga untuk mengevaluasi tingkat penerapan prinsip kontruksi hijau secara sistematis, diperlukan metode penilaian yang valid dengan merumuskan aspek, faktor dan indikator *green construction.* Seperti gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Struktur Model *Assessment Green Construction*

Sumber : (Ervianto, 2015b)

Dimana di dalam Struktur Model *Assessment Green Construction* tersebut terdiri dari:

1. Aspek Kesehatan dan Kenyamanan Proyek
    a. Faktor Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja. (BF = 0,483)
        1) Membuat jadwal untuk kegiatan yang menimbulkan emisi untuk mengurangi dampaknya terhadap pekerja konstruksi.
        2) Memisahkan bedeng pekerja di lokasi proyek.
        3) Menjamin terjadinya sirkulasi udara selama proyek berlangsung khususnya pada fasilitas tertentu (misalnya lorong).
    b. Faktor Kesehatan Lingkungan Kerja Tahap Konstruksi. (BF = 0,517)
        1) Memberikan prioritas terhadap kesehatan pekerja konstruksi.
        2) Memberikan perhatian terhadap kesehatan masyarakat umum yang berada disekitar lokasi proyek konstruksi.
        3) Melakukan pemilihan metoda konstruksi didasarkan pada minimalisasi debu agar tercipta lingkungan kerja yang sehat.
        4) Melakukan pemilihan metoda konstruksi didasarkan pada minimalisasi bahan/benda yang menyebabkan pencemaran (polutan).
        5) Mengganti peralatan tahun pembuatan lama dengan yang baru agar konsumsi energi lebih efisien dan rendah emisi.
        6) Memperhatikan timbulnya debu yang dihasilkan oleh kegiatan dekonstruksi.
        7) Memberikan perhatian terhadap material yang mengandung zat berbahaya (cat, lem, *sealant*).
        8) Memasang tanda dilarang merokok di kantor proyek.
        9) Memasang tanda dilarang merokok di lokasi kerja.
        10) Menyediakan fasilitas untuk merokok pada jarak ± 5 meter diluar kontraktor keet.
        11) Menyediakan fasilitas untuk merokok pada jarak ± 5 meter diluar lokasi kerja.
        12) Tidak menggunakan material asbes.
        13) Tidak menggunakan lampu merkuri untuk penerangan di lokasi proyek dan kantor proyek.
        14) Tidak menggunakan *styrofoam* untuk insulasi panas.

15) Melakukan pemasangan *safety net* untuk keamanan atau pengaman agar material tidak jatuh saat proses konstruksi.
16) Melakukan penyiraman lapangan di lokasi proyek untuk mengurangi timbulnya debu.
17) Mengadakan fasilitas *washing bay* untuk menjaga kebersihan jalan sebagai fasilitas umum.

2. Aspek Kualitas Udara
   a. Faktor Kualitas Udara Dalam Kontruksi. (BF = 0,457)
      1) Membuat program udara bersih sesuai persyaratan yang telah ditetapkan oleh pemerintah.
      2) Melakukan pengukuran kualitas udara secara berkala.
      3) Menjamin bahwa seluruh *stakeholder* memahami, bertanggung jawab, dan menerapkan program udara bersih.
      4) Melakukan pertemuan secara rutin bersama seluruh *stakeholder* untuk mematuhi komitmen tentang persyaratan kualitas udara.
      5) Memenuhi persyaratan kualitas udara sebagaimana yang ditetapkan dalam dokumen lelang atau kontrak.
      6) Menyertakan kesanggupan memenuhi persyaratan kualitas udara dalam dokumen tender dan kontrak.
   b. Faktor Pemilihan dan Operasional Peralatan Konstruksi. (BF = 0,229)
      1) Melakukan pengamatan terhadap waktu kerja peralatan berupa informasi *cycle time* untuk meningkatkan produktivitas.
      2) Memberikan pelatihan bagi operator peralatan agar dapat dicapai produktivitas yang ditetapkan.
      3) Meminimalkan waktu jeda yang ditimbulkan oleh peralatan agar dapat dicapai tingkat efisiensi tertentu.
      4) Mengganti bahan bakar fosil dengan sumber energi alternatif untuk peralatan konstruksi.
      5) Mengutamakan penggunaan transportasi umum bagi pekerja konstruksi.
   c. Faktor Penyimpanan dan Perlindungan Material. (BF = 0,314)

1) Merencanakan cara-cara menyimpan dan melindungi berbagai jenis material agar tidak mengalami kerusakan.
2) Merencanakan agar tidak terkontaminasi oleh debu, kelembapan, dan kotoran lainnya untuk jenis material tertentu (misalnya pipa untuk saluran air, saluran untuk pendingin udara (AC).
3) Menyimpan material tertentu yang rawan terhadap debu untuk disimpan diluar lokasi proyek konstruksi.
4) Melakukan penyimpanan material tertentu dengan cara dilem secara sempurna.
5) Melindungi pipa-pipa yang akan digunakan dengan cara menutup dikedua ujungnya.

3. Aspek Manajemen Lingkungan Bangunan
   a. Faktor Dokumentasi. (BF = 0,193)
      1) Melakukan pencatatan terkait dengan jumlah material sisa.
      2) Melakukan pencatatan jumlah penggunaan material terbarukan.
      3) Melakukan pencatatan jumlah kandungan material daur ulang *(recycle).*
      4) Melakukan pencatatan terkait dengan jumlah kandungan material lokal.
      5) Melakukan pencatatan penggunaan produk dari kayu bersertifikat.
      6) Melakukan pencatatan tentang jumlah pengiriman material serta cara-cara melindunginya.
      7) Mendokumentasikan mengenai program kualitas udara di proyek konstruksi.
      8) Membuat dokumentasi tentang manajemen limbah konstruksi.
   b. Faktor Manajemen Lingkungan Proyek. (BF = 0,275)
      1) Menyediakan tempat sampah konstruksi.
      2) Melakukan pemilahan sampah konstruksi sejenisnya.
      3) Penyediaan tempat sampah rumah tangga (organik, anorganik, bahan berbahaya dan beracun) disekitar lokasi kerja.
      4) Melakukan pemilihan sampah rumah tangga sesuai jenisnya.

5) Bekerja sama dengan pihak ke-3 (pengepul, penampung).
6) Memonitoring/pencatatan sampah yang dikeluarkan.
7) Menyajikan makanan dan minuman menggunakan dengan sistem *catering* untuk meminimalkan timbulnya sampah.
8) Tidak menggunakan minuman kemasan.
9) Menyediakan minuman isi ulang dalam galon.
10) Menggunakan *veldples* untuk air minum.
11) Pemakaian kertas bolak balik (dua sisi) untuk kebutuhan minum.
12) Menyediakan cetakan untuk sisa agregat beton.
13) Penggunaan bekas bobokan bangunan/puing bangunan untuk timbunan.
14) Memaksimalkan pemanfaatan sisa potongan besi tulangan (<1 meter)
15) Membuat lubang biopori untuk mengurangi erosi akibat air permukaan.

c. Faktor Pelatihan Bagi Subkontraktor. (BF = 0,237)
1) Memberikan pelatihan bagi pekerja konstruksi mengenai cara-cara mengurangi timbulnya limbah konstruksi.
2) Memberikan pelatihan bagi pekerja konstruksi mengenai cara-cara mengelola limbah konstruksi.
3) Memberikan pelatihan bagi pekerja konstruksi yang difokuskan terhadap kegiatan yang menghasilkan debu.
4) Memberikan pelatihan bagi pekerja konstruksi untuk menjaga kualitas udara dilokasi proyek.

d. Faktor Manajemen Limbah Konstruksi (BF = 0,295)
1) Melakukan pemesanan material sesuai dengan kebutuhan.
2) Meminimalisasi kemasan dalam pengiriman material.
3) Menggunakan ukuran produk standar untuk jenis material tertentu.
4) Melakukan pemilihan dan penetapan metoda konstruksi untuk mengurangi limbah proses konstruksi.
5) Mengemas material bangunan untuk mengurangi limbah.

6) Mengoptimalkan penggunaan material bangunan untuk mengurangi limbah.
7) Meningkatkan tingkat akurasi dalam estimasi penggunaan bahan bangunan untuk mengurangi timbulnya limbah.
8) Menggunakan kembali *(reuse)* limbah konstruksi.
9) Menggunakan kembali *(reuse)* material hasil dekonstruksi.
10) Melakukan daur ulang limbah konstruksi yang bernilai lebih rendah dengan sebelumnya *(downcycle).*
11) Melakukan daur ulang limbah konstruksi yang bernilai sama dengan sebelumnya *(recycle).*
12) Melakukan daur ulang limbah konstruksi yang bernilai lebih tinggi dengan sebelumnya *(upcycle).*

4. Aspek Sumber dan Siklus Material
   a. Faktor Efisiensi Material (Pengelolaan Material). (BF = 0,424)
      1) Menggunakan material bekas bangunan lama di lokasi pekerjaan atau dari tempat lain untuk mengurangi penggunaan bahan mentah baru sehingga dapat memperpanjang usia pemakaian bahan/material dan mengurangi limbah di tempat pembuangan akhir (TPA).
      2) Menggunakan bahan bangunan hasil pabrikasi yang menggunakan bahan baku dan proses produksi ramah lingkungan.
      3) Menggunakan bahan baku kayu yang dapat dipertanggungjawabkan asal-usulnya/bersertifikat.
      4) Mengingkatkan efisiensi dalam penggunaan material untuk mengurangi sampah konstruksi.
      5) Mengurangi jejak karbon yang ditimbulkan oleh pengadaan material/produk dengan cara menggunakan material disekitar proyek atau produk lokal sehingga mampu mendorong pertumbuhan ekonomi dalam negeri.
      6) Penggunaan container untuk kantor di lokasi proyek.
      7) Penggunaan fasilitas sementara *(temporary facility)* dalam proses konstruksi.

8) Menggunakan metoda prafabrikasi dalam pelaksanaan pekerjaan.
9) Menggunakan material daur ulang dalam pelaksanaan pekerjaan.
10) Menggunakan material lokal sebagai bahan konstruksi.

b. Faktor Perencanaan dan Penjadwalan Proyek. (BF = 0,576)
1) Mengutamakan kemampuan *supplier* lokal dalam menyediakan kebutuhan material.
2) Memberikan perhatian terhadap perlindungan material.
3) Memberikan perhatian terhadap perlindungan peralatan.
4) Memperhatikan urutan pekerjaan dalam pengadaan material.
5) Memperhatikan urutan pekerjaan dalam pengadaan peralatan.

5. Aspek Tepat Guna Lahan
a. Faktor Pengelolaan Lahan. (BF = 0,382)
1) Melakukan penanaman pohon di sekitar kontraktor keet.
2) Tidak melakukan penebangan pohon selama proses konstruksi.
3) Membuat sumur resapan untuk membuang air limbah maupun air limpasan.
4) Melakukan filterisasi air sebelum dibuang ke dalam drainase/riol kota.

b. Faktor Pengurangan Jejak Ekologis Tahap Konstruksi. (BF = 0,299)
1) Membuat dokumen tentang kondisi lahan sebelum dibangun dan merencanakan pelestariannya jika terdapat fitur budaya.
2) Membuat perencanaan lokasi penyimpanan peralatan berat *(trailer, excavator, bulldozer,* dll).
3) Membuat perencanaan untuk melindungi semua tanaman di lokasi proyek.
4) Menerapkan larangan menebang pohon dalam radius 12,2 meter dari bangunan.
5) Merencanakan dan melakukan simulasi pengaruh air limpasan di lokasi proyek yang berdampak negatif terhadap lingkungan.
6) Merencanakan, mengevaluasi dan memilih metoda *land clearing* yang ramah lingkungan.

c. Faktor Rencana Perlindungan Lokasi Pekerjaan. (BF = 0,319)

1) Merencanakan penggunaan air dalam proses konstruksi.
2) Melakukan pengukuran air limpasan akibat proses konstruksi terhadap lokasi di sekitar proyek.
3) Merencanakan tindakan pencegahan terjadinya erosi di lokasi proyek akibat kegiatan proyek.
4) Mencegah terjadinya kebisingan yang ditimbulkan oleh pelaksanaan pekerjaan selama proses konstruksi.
5) Memanfaatkan *top soil* hasil *land clearing.*
6) Merencanakan pelestarian dengan cara memindahkan atau mengganti vegetasi/pohon yang terkena dampak proyek konstruksi.
7) Merencanakan cara-cara melindungi vegetasi/pohon dilokasi proyek.
8) Merencanakan dan melakukan pengelolan air limbah akibat proses konstruksi.
9) Melakukan pengaturan area simpan dan bongkar material/produk dari moda transportasi.
10) Menetapkan batas proyek dengan memasang pagar disekeliling lokasi proyek.
11) Membatasi pergerakan kendaraan dan alat di lokasi proyek.
12) Mencegah terjadinya erosi akibat limpasan air permukaan.

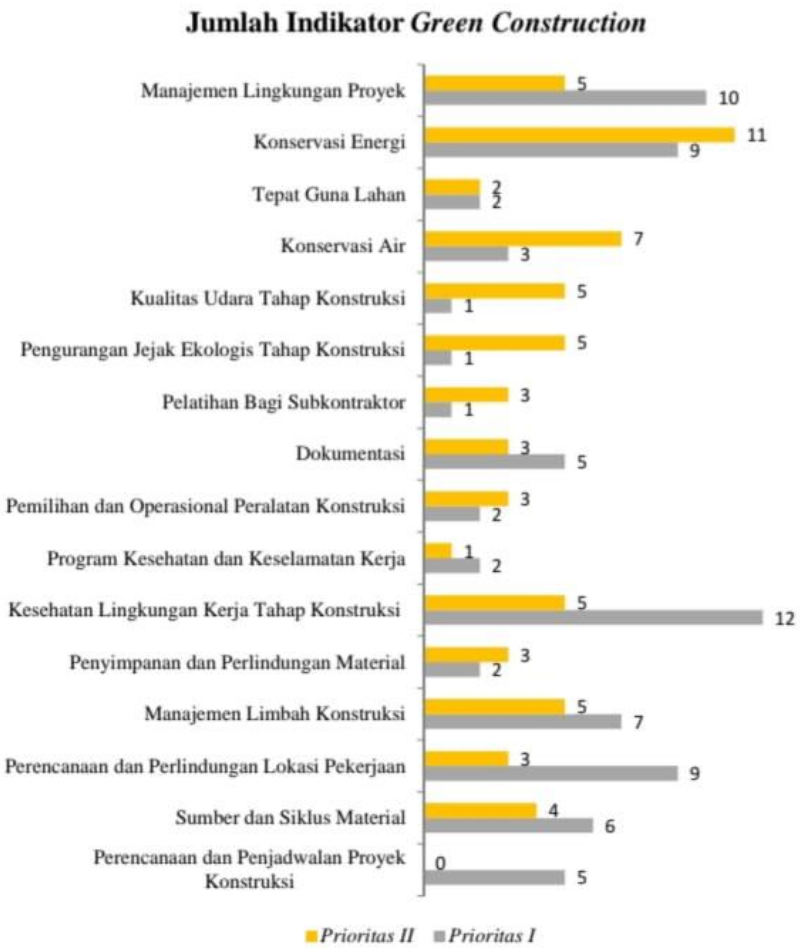
6. Aspek Konservasi Air
   a. Faktor Efisiensi Air. (BF = 1)
      1) Menampung air hujan untuk digunakan kembali dalam berbagai kegiatan yang tidak disyaratkan air layak minum.
      2) Pemasangan alat meteran air di setiap keluaran sumber air bersih (PDAM, air tanah).
      3) Melakukan monitoring pemakaian air disetiap bulan.
      4) Menggunakan kran otomatis untuk wastafel di kantor proyek.
      5) Memasang stiker “gunakan air secukupnya” di tempat sumber keluaran air.
      6) Penggunaan *shower* untuk mandi pekerja konstruksi.
      7) Membuat perencanaan dalam pemanfaatan air dewatering.

8) Membuat *recharge well* berupa sumur resapan dan atau lubang biopori.
9) Memasang piezo meter untuk memonitor muka air tanah.
10) Memanfaatkan air dewatering untuk kegiatan dilapangan.

7. Aspek Konservasi Energi
   a. Faktor Efisiensi Energi. (BF = 1)
      1) Menggunakan standarisasi penerangan untuk mendukung pekerjaan di lokasi proyek baik di dalam maupun di luar ruangan.
      2) Menggunakan lampu hemat energi.
      3) Meminimalkan polusi yang ditimbulkan oleh lampu penerangan.
      4) Mengatur penerangan sesuai dengan urutan pekerjaan.
      5) Pemasangan KWH meter pada sistem beban.
      6) Membuat perhitungan pengurangan CO_2 yang didapatkan dari esfisiensi energi.
      7) Melakukan monitoring pemakaian listrik setiap bulan.
      8) Memaksimalkan pemanfaatan sinar matahari untuk penerangan di kontraktor keet paling tidak 50% dari jumlah ruangan.
      9) Penggunaan *water reservoir* untuk penyimpanan air bersih.
      10) Membuat tata tertib atau ketentuan penggunaan peralatan kantor (lampu, *Air Conditioning*, dispenser, mesin fotokopi, komputer, pompa air, dll).
      11) Mengatur temperatur *Air Conditioning* pada posisi 25˚C ± 1.
      12) Membuat jadwal transportasi bagi pekerja konstruksi dan karyawan proyek.
      13) Menyedikan *mess* karyawan proyek di sekitar lokasi proyek.
      14) Penggunaan sensor cahaya untuk lampu penerangan yang ada di lokasi proyek.
      15) Melakukan pengukuran intensitas cahaya sesuai ketentuan (min 300 lux).
      16) Melakukan pengukuran getaran selama proses konstruksi berlangsung.

17) Melakukan pengukuran kebisingan selama proses konstruksi.
18) Menyediakan absorban untuk penyimpanan material Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
19) Memastikan bahwa semua kendaraan dan alat berat yang digunakan dalam proyek lulus uji emisi gas buang.
20) Menggunakan peralatan AC dan COP minimum 10% lebih besar dari standar SNI 03-6390-2000.

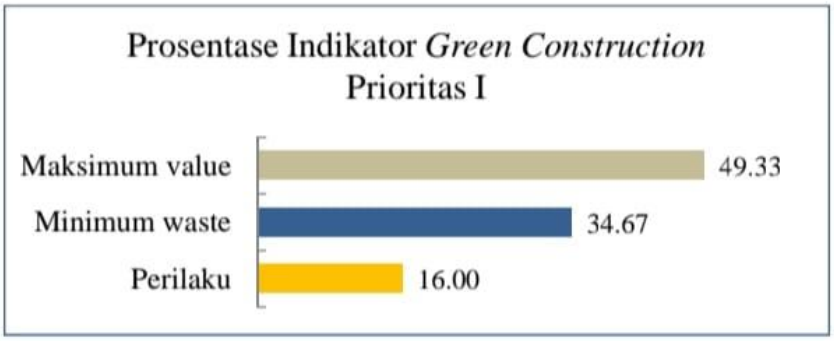
Jumlah indikator *green construction* yang dihasilkan secara keseluruhan 142 indikator yang terdiri dari 77 indikator utama pioritas I dengan kategori 60% dan 65 indikator prioritas II dengan kategori 40% seperti Gambar 3.3 Berikut:



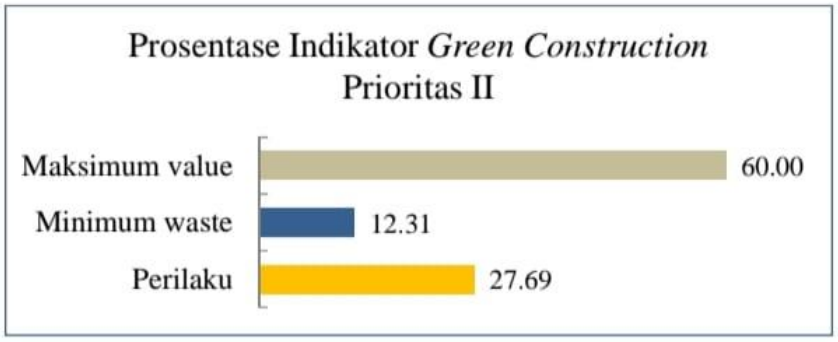
Gambar 3.3 Indikator *Green Construction*

Sumber : (Ervianto, 2013)

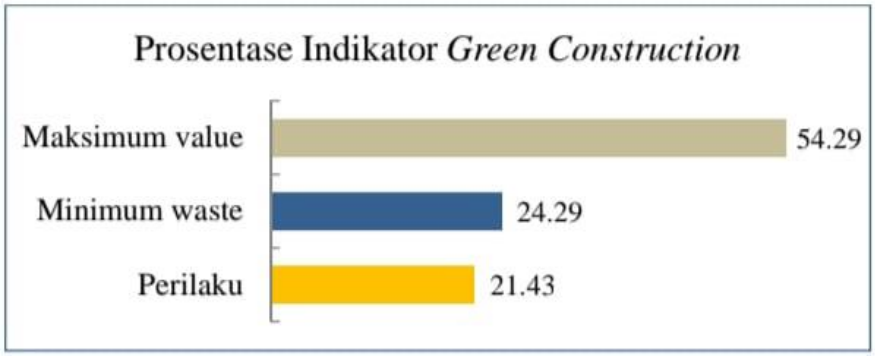
Berdasarkan gambar diatas, maka indikator *green construction* dalam prioritas I dapat dikelompokan dalam tiga kategori, yaitu: perilaku, minimum *waste*, dan maksimum *value* dengan persentase berturut-turut 16%, 34,67%, dan 49,33% (gambar 3.4). Demikian juga indikator *green construction* dalam prioritas II dapat dikelompokan kedalam tiga kategori dengan persentase berturut-turut 27,69%, 12,31%, dan 60% (gambar 3.5). Sedangkan secara keseluruhan jika dikelompokan dalam tiga kategori adalah sebagai berikut 21,43% dalam kategori perilaku, 24,29% dalam kategori minimum *waste*, dan 54,29% dalam kategori maksimum *value* (gambar 3.6).



Gambar 3.4 Pengelompokan Indikator *Green Construction* Prioritas I Dalam Kategori Perilaku *(Behaviour)*, Minimum *Waste*, Maksimum *Value.*
Sumber : (Ervianto, 2013)



Gambar 3.5 Pengelompokan Indikator *Green Construction* Prioritas II Dalam Kategori Perilaku *(Behaviour)*, Minimum *Waste*, Maksimum *Value.*
Sumber : (Ervianto, 2013)



Gambar 3.6 Pengelompokan Indikator *Green Construction* Dalam Kategori Perilaku *(Behaviour),* Minimum *Waste,* Maksimum *Value.*

Sumber : (Ervianto, 2013)

Penerapan *green construction* tersebut diatas dapat dihitung dengan nilai capaian *green construction* dengan formula sebagai berikut (Ervianto, 2015a)

1. Nilai indikator *green construction*

   Nilai indikator *green construction* (NIGC) dapat dihitung berdasarkan notasi matematis 3.1. Sedangkan perhitungan total NIGC menggunakan notasi matematis 3.2 sebagai berikut:

   $NIGC = (I i_{i=0 \text{ atau } 1} \cdot BP k_{k=0,44 \text{ atau } 0,56})$.....(3.1)

   Keterangan:

   - I adalah jawaban responden (*i* bernilai 1 jika sudah diimplementasikan dan 0 jika belum diimplementasikan).
   - BP adalah Bobot Prioritas, *k* bernilai 0,56 untuk prioritas I dan 0,44 untuk prioritas II.

   $\text{Total NIGC} = \sum_{i=1}^{j} NIGCi$.....(3.2)

   Keterangan:

   - Total NIGC adalah Nilai Indikator *Green Construction* di setiap faktor
   - *i* adalah banyaknya Nilai Indikator *Green Construction*

2. Nilai faktor *green construction*

   Nilai Faktor *Green Construction* (NFGC) dihitung berdasarkan notasi matematis 3.3. Sedangkan perhitungan total NFGC menggunakan notasi matematis 3.4 sebagai berikut:

NFGC = $\sum_{i=1}^{j}(\text{Total NIGC}i \cdot \text{BFGC}i)$.....(3.3)

Keterangan:

- *i* adalah banyaknya faktor *green construction*
- Total NIGC adalah Nilai Indikator *Green Construction*
- BFGC adalah Bobot Faktor *Green Construction*

Total NFGC = $\sum_{l=1}^{m} \text{NFGC}i$.....(3.4)

Keterangan:

- Total NFGC adalah Nilai Faktor *Green Construction* di setiap aspek
- *i* adalah banyaknya faktor *green construction*

3. Nilai aspek *green construction*

   Nilai Aspek *Green Construction* (NAGC) setiap aspek dihitung berdasarkan notasi matematis 3.5. Sedangkan perhitungan total NAGC menggunakan notasi matematis 3.6.

   NAGC = $\sum_{i=1}^{j}(\text{Total NFGC}i \cdot \text{BAGC}i)$.....(3.5)

   Total NAGC = $\sum_{l=1}^{m} \text{NAGC}i$.....(3.6)

   Keterangan:

   - Total NFGC adalah Nilai Faktor *Green Construction* di setiap aspek
   - BAGC adalah Bobot Aspek *Green Construction*
   - *i* adalah banyaknya aspek *green construction*

4. Nilai *green construction*

   Nilai akhir dari *green construction* selanjutnya disebut dengan Nilai *Green Construction* (NGC) adalah penjumlahan dari seluruh nilai aspek *green construction* yang dituliskan dalam notasi matematis 3.7.

   NGC = $\sum_{i=1}^{j} \text{NAGC}i$.....(3.7)

   Keterangan:

   - NGC adalah Nilai *Green Construction*
   - *i* adalah banyaknya nilai aspek dalam sebuah aspek *green construction*
   - NAGC adalah Nilai Aspek *Green Construction*

5. Nilai maksimum model *assessment green construction*

Nilai maksimum model *assessment green construction* akan dicapai apabila seluruh indikator *green construction* dipenuhi di proyek sejumlah 142 indikator disebut dengan Nilai *Green Construction* Ideal (NGC $_{Ideal}$) 36,88 persentase (100%) di Indonesia. Selain NGC $_{Ideal}$, terdapat Nilai maksimum Model *Assessment Green Construction* yang dihasilkan berdasarkan terpenuhi seluruh indikator *green construction* yang telah berhasil diimplementasikan di tingkat proyek oleh kontraktor di Indonesia yang disebut dengan Nilai *Green Construction* Terbaik (NGC $_{Terbaik}$) 26,91 di Indonesia dengan implementasi 107 indikator (75,35 %). Kedua nilai ini dapat dimnfaatkan sebagai *baseline* untuk mengetahui seberapa besar capaian dalam memenuhi indikator *green construction* dalam sebuah proyek dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1 Interval Persentase Model *Assessment Green Construction*

Persentase (%)	**Jumlah Indikator**	**Predikat Capaian**	**Interpretasi Teoritis & lapangan**
75,35 - 100	107 -142	NGC Ideal	Sangat mendekati atau mencapai Nilai *Green Construction* Ideal. Seluruh sistem manajemen hijau berjalan sempurna.
50 – 75,35	71 - 107	NGC Terbaik	Berada di atas rata-rata Nilai *Green Construction* Terbaik menuju kondisi ideal.
25,35 - 50	36 - 71	NGC Cukup	Zona transisi. Sudah menerapkan prinsip hijau, namun kinerjanya masih di bawah *best practice* Nilai *Green Construction* Terbaik.
0 – 25,35	0 - 36	NGC Kurang	Penerapan baru sebatas formalitas atau hanya memenuhi indikator yang mudah/murah saja.

3.6 Perumahan Berkelanjutan *(Sustainable Housing)*

Pemenuhan kebutuhan rumah bagi setiap keluarga *(shelter for all)* dan pengembangan perumahan yang berkelanjutan *(sustainable housing development)* sudah menjadi agenda global yang harus diwujudkan oleh setiap negara. Perwujudan pembangunan perumahan dan permukiman berkelanjutan, tidak dapat dilepaskan dari pembangunan perkotaan secara keseluruhan, apalagi bila dikaitkan dengan ketersediaan lahan yang merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan (Murbaintoro et al., 2009).

Menurut (Sudarwanto et al., 2014) keberlanjutan dalam perumahan adalah konteks pendekatan pembangunan yang mempertimbangkan aspek lingkungan, aspek ekonomi, dan aspek sosial. Pendekatan pembangunan mengacu pada *World Commision Economic Development* di tahun 1987, menjelaskan bahwa kegiatan pembangunan harus mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan, keberlanjutan ekonomi, dan keberlanjutan sosial.

Berikut tiga pilar utama dalam keberlanjutan perumahan:

1. Keberlanjutan lingkungan *(environmental)* mencakup hunian harus efisien dalam penggunaan sumber daya alam seperti, efisiensi energi dalam penggunaan desain pasif (pencahayaan alami dan ventilasi silang) serta teknologi hemat energi, efisiensi air dalam penggunaan perangkat hemat air dan sistem pemanenan air hujan *(rainwater harvesting)*, material ramah lingkungan dalam penggunaan bahan bangunan yang dapat diperbarui, didaur ulang, atau memiliki jejak karbon rendah.
2. Keberlanjutan ekonomi *(economic)* mencakup hunian harus terjangkau secara biaya selama siklus hidupnya *(life-cycle cost).* Artinya, meskipun biaya konstruksi di awal mungkin sedikit lebh tinggi, biaya operasional dan pemeliharaannya (seperti tagihan listrik dan air) jauh lebih murah di masa depan. Selain itu, perumahan berkelanjutan juga berfokus pada peningkatan nilai properti dalam jangka panjang.

3. Keberlanjutan sosial *(social)* mencakup hunian harus mendukung kualitas hidup penghuninya secara adil dan sehat, meliputi kesehatan dalam penggunaan material yang aman (bebas racun/VOC rendah) dan sirkulasi udara yang baik, aksesibilitas dalam lokasi hunia yang terintegrasi dengan transportasi umum dan fasilitas publik, kesejahteraan komunitas dengan adanya ruang terbuka hijau dan area interaksi sosial yang memadai.

3.7 Hambatan Dalam Penerapan *Green Construction*

Dibanyak negara, penerapan konsep *green construction* terbukti memberikan manfaat positif. Namun di Indonesia penerapan konsep ini masih menemui banyak hambatan, seperti pemahaman dan kesadaran para pelaku pembangunan yang belum sama dalam pembangunan berwawasan lingkungan dan keberlanjutan (Ichsan, 2023).

Menurut (Ervianto, 2014) hambatan yang terjadi dalam mengimplementasikan *green construction* adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan teknologi, dimana kontraktor masih terkendala oleh beberapa hal sebagai berikut:
   a. Penggunaan bahan bakar alternatif,
   b. Teknologi daur ulang,
   c. Terbatasnya ketersediaan peralatan yang ramah lingkungan dalam hal tingkat kebisingan,
   d. Implementasi komponen prafabrikasi,
   e. Ragam material terbarukan.
2. Peran aktif dari pemilik proyek dalam beberapa hal sebagai berikut:
   a. Mensyaratkan pemakaian kayu yang dapat dipertanggungjawabkan asal usulnya,
   b. Mensyaratkan pembuatan sistem untuk infiltrasi air tanah,
   c. Ketentuan filterisasi air yang akan disalurkan kedalam riol kota,
   d. Ketentuan tidak menebang pohon kecuali yang berada dalam massa bangunan,
   e. Mensyaratkan penggunaan air secara bertanggung jawab baik yang bersumber dari PDAM maupun air tanah,

f. Melakukan monitoring sampah yang dihasilkan,
g. Memantau kebisingan, getaran, dan kondisi air tanah yang diakibatkan oleh aktivitas proyek,
h. Memantau kualitas udara selama proyek berlangsung untuk menciptakan udara bersih.

3. Terbatasnya regulasi yang mengatur tentang implementasi *green construction* dalam beberapa hal sebagai berikut:
   a. Standarisasi terkait dengan penerangan yang sesuai untuk aktivitas konstruksi baik di dalam maupun di luar ruangan,
   b. Ketentuan penggunaan peralatan konstruksi yang rendah emisi dan efisien bahan bakar.
4. Campur tangan sumber pendanaan dalam hal peremajaan berbagai peralatan yang rendah emisi dan efisien bahan bakar.
5. Faktor lainnya yang mencakup sosialisasi penghematan air, energi, penggunaan sensor cahaya untuk penerangan dan tidak menggunakan bahan berbahaya seperti merkuri, *styrofoam* dan zat lain yang tidak ramah lingkungan.

Sedangkan menurut (Maskur et al., 2026) hasil temuan menunjukan beberapa kendala utama dalam penerapan konstruksi hijau. Diantara kendala tersebut, keberadaan material yang terbatas di pasaran menjadi salah satu isu signifikan, diiringi dengan harga material yang tinggi, yang dapat menghambat adopsi praktik ramah lingkungan. selain itu, tingkat kesadaran pekerja dan masyarakat yang masih rendah terkait pentingnya konstruksi hijau turut memperparah situasi ini. Kurangnya pengetahuan mengenai prinsip dan praktik *green construction* juga menjadi faktor penghambat yang memerlukan perhatian lebih.