

HUNIAN HIJAU

Pendah

EMISI KARBON

**Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan
Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu**



Muhammad Daud

HUNIAN HIJAU RENDAH EMISI KARBON

Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan
Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan
Kayu

HUNIAN HIJAU RENDAH EMISI KARBON

**Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan
Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan
Kayu**

Penulis

Muhammad Daud



Binarmedia
Berkarya Tanpa Batas

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

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

HUNIAN HIJAU RENDAH EMISI KARBON
Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan Bangunan Lokal Berbasis Hasil
Hutan Bukan Kayu

Muhammad Daud

Editor:

-

Desain Cover:

Gilang Taruna Pratama

Sumber:

www.binarmedia.id

Tata Letak:

Saddam Musa Al-Ghaazi

Proofreader:

Gilang Taruna Pratama

Ukuran:

xi , 153 halaman, Uk: 14x21 cm

ISBN:

978-634-7351-14-2

Cetakan Pertama:

September 2025

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab penerbit

Copyright © 2025 by Binar Media Pratama

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT BINAR MEDIA PRATAMA

Tlahab Kidul RT 03 RW 02, Kecamatan Karangreja,

Kabupaten Purbalingga, Provinsi Jawa Tengah

Telp: 0878-64187405

Website: www.binarmedia.id

E-mail: binarmediapratama@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ini yang berjudul “Hunian Hijau Rendah Emisi Karbon: Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu” dapat tersusun dan hadir di tangan pembaca.

Buku ini disusun sebagai wujud kontribusi dalam upaya pelestarian lingkungan sekaligus pengurangan emisi karbon, melalui pengembangan bahan bangunan alternatif yang ramah lingkungan dan bersumber dari hasil hutan bukan kayu (HHBK). Selain itu, buku ini ditujukan sebagai panduan awal bagi komunitas lokal, perencana, pelaku usaha, dan pembuat kebijakan dalam mewujudkan hunian berkelanjutan yang berbasis potensi lokal.

Latar belakang penulisan buku ini berangkat dari keprihatinan terhadap tingginya ketergantungan sektor konstruksi pada bahan bangunan konvensional yang berdampak signifikan terhadap lingkungan, baik melalui eksploitasi sumber daya alam yang masif maupun tingginya jejak karbon dari proses produksinya. Di sisi lain, Indonesia memiliki kekayaan HHBK yang melimpah, namun pemanfaatannya masih terbatas dan belum dikelola secara sistematis. Padahal, HHBK menyimpan potensi besar sebagai bahan bangunan alternatif yang rendah emisi, terbarukan, dan mampu memperkuat perekonomian masyarakat lokal.

Melalui buku ini, penulis berupaya memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi HHBK sebagai bahan bangunan, mendorong terbentuknya unit-unit produksi lokal yang efisien dan berkelanjutan, serta mendokumentasikan teknologi tepat guna, inovasi lokal, dan

praktik baik pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan HHBK secara bijak.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik berupa data, pengalaman lapangan, masukan, maupun inspirasi selama proses penyusunan buku ini. Apresiasi khusus diberikan kepada para pelaku usaha HHBK, komunitas lokal, akademisi, dan para pendamping lapangan yang menjadi bagian penting dalam terwujudnya karya ini.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kami terbuka terhadap kritik dan saran demi penyempurnaan di masa mendatang. Besar harapan kami, buku ini dapat memberi manfaat nyata dan menjadi langkah awal dalam membangun ekosistem hunian hijau berbasis sumber daya lokal yang adil, inklusif, dan berkelanjutan.

Penulis

September 2025

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan rasa terima kasih yang tulus kepada Bapak/Ibu Ruslan, Muhammad Yunus, Karina Mayasari, Agus Salim, Ismail, Fauziah, Petra Putra, Lasriyanti Latief, Aslam, Darul, Wira Pratama Patri, serta seluruh rekan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas kerjasama dan kolaborasi yang terjalin selama kegiatan riset di Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional (BPTPT) Makassar pada periode 2010–2017. Dukungan, semangat, dan kebersamaan yang diberikan telah menjadi bagian penting dalam perjalanan dan proses penyusunan buku ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada ibu tercinta, Marina, dan ayahanda (Almarhum) Hammasa, atas cinta dan doa yang selalu mengiringi setiap langkah. Kepada istri tercinta, Andi Ma'rifah Asmawi, S.Kep., yang setia mendampingi dalam suka dan duka, serta kepada anak-anak tersayang, Muhammad Al Fatih Hammasa dan Humaira Ulya Adiba Hammasa, yang menjadi sumber semangat dan inspirasi dalam berkarya.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada saudara-saudara tercinta, Jumari, S.Pd., Mahmud, dan Hasnawiah, S.Pd., Gr., keponakan Nurul Fathiniah Azizah, serta seluruh keluarga besar, atas cinta, dukungan, dan doa yang tiada henti.

Semoga segala kebaikan, dukungan, dan doa yang telah diberikan menjadi amal jariyah yang senantiasa mengalir dan membawa keberkahan bagi kita semua.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1. TANTANGAN PEMBANGUNAN HUNIAN RAMAH LINGKUNGAN	1
1.1 Krisis Lingkungan dan Kebutuhan Transformasi Sektor Permukiman	1
1.2 Isu Bahan Bangunan Konvensional	2
1.3 Potensi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)	4
BAB 2. HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK) SEBAGAI SUMBER MATERIAL BANGUNAN.....	7
2.1 Definisi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK).....	7
2.2 Klasifikasi HHBK Berdasarkan Potensi Pemanfaatan	9
2.3 Jenis HHBK Potensial untuk Bahan Bangunan.....	12
2.4 Ketersediaan dan Sebaran HHBK di Indonesia.....	19
2.5 Nilai Ekologis, Ekonomis, dan Sosial HHBK.....	24
BAB 3. KONSEP HUNIAN HIJAU RENDAH EMISI KARBON DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN	28
3.1 Pengertian Hunian Hijau Rendah Emisi Karbon.....	28
3.2 Prinsip-Prinsip Desain Arsitektur Hijau	32
3.3 Karakteristik Material Ramah Lingkungan	35
3.4 Relevansi HHBK dalam Konteks Hunian Hijau	38
3.5 Studi Kasus dan Contoh Inspiratif Hunian Hijau	40
BAB 4. UNIT PRODUKSI BAHAN BANGUNAN LOKAL	49
4.1 Konsep Unit Produksi Berbasis Komunitas	49
4.2 Langkah Perencanaan Unit Produksi	52
4.4 Sistem Manajemen Mutu dan Standarisasi Produk	61
BAB 5. TEKNOLOGI SEDERHANA DAN INOVASI LOKAL	69
5.1 Prinsip Teknologi Tepat Guna.....	69
5.2 Alat dan Mesin yang Sesuai untuk Kapasitas Lokal	71
5.3 Inovasi Produk dari HHBK	74
BAB 6. PENGEMBANGAN UNIT PRODUKSI BAMBUNYER UNTUK BAHAN BANGUNAN	77
6.1. Perencanaan Unit Produksi Zhepyr.....	77

6.2. Desain Unit Produksi	79
6.3. Analisis Biaya Unit Produksi Zhepyr.....	80
6.4. Analisis Finansial (Kelayakan Usaha).....	83
6.5. Konstruksi Unit Produksi dan Pengawasan.....	87
6.6. Uji Produksi	88
BAB 7. KELEMBAGAAN DAN PEMBERDAYAAN	
MASYARAKAT.....	90
7.1 Model Kelembagaan Lokal dalam Pengelolaan HHBK.....	90
7.2 Peran Koperasi dan UMKM dalam Ekosistem Produksi HHBK	92
7.3 Jejaring Antar-Unit Produksi dan Kolaborasi Horizontal.....	94
7.4 Sistem Pelatihan dan Transfer Pengetahuan.....	96
7.5 Peran Perempuan dan Pemuda dalam Kegiatan Produksi	99
BAB 8. DAMPAK DAN KEBERLANJUTAN	102
8.1 Dampak terhadap Lingkungan	102
8.2 Dampak Sosial-Ekonomi	103
8.3 Evaluasi Keberlanjutan Jangka Panjang.....	105
8.4 Strategi Menjaga Rantai Pasok dan Konservasi Bahan Baku	107
BAB 9. REKOMENDASI KEBIJAKAN DAN REPLIKASI	
PROGRAM	110
9.1 Rekomendasi untuk Pemerintah: Regulasi dan Insentif.....	110
9.2 Integrasi dalam Program Nasional dan Daerah	112
9.3 Strategi Replikasi Model di Wilayah Lain	115
9.4 Kolaborasi Multi-Pihak: LSM, Universitas, dan Sektor Swasta	118
BAB 10. JEJAK KARBON, JEJAK PERADABAN: MENATA	
MASA DEPAN DARI HUNIAN HIJAU.....	121
DAFTAR PUSTAKA	123
PROFIL PENULIS	151

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Beberapa Jenis HHBK Unggulan di Sulawesi Selatan..	21
Tabel 2 Contoh Material Ramah Lingkungan (HHBK dan Lainnya).....	37
Tabel 3 Kontribusi HHBK terhadap Tujuan Hunian Hijau	39
Tabel 4 Temuan Utama dari Studi Kasus Hunian Hijau	48
Tabel 5 Alasan Strategis Pengembangan Hunian Hijau Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK).....	51
Tabel 6 Ruang Lingkup Utama SNI terkait Bambu.....	64
Tabel 7 Deskripsi Unit Industri Yang Direncanakan	78
Tabel 8 Prakiraan Biaya Tetap.....	80
Tabel 9 Biaya Bahan Baku Produksi Per Hari (40 lembar papan)	81
Tabel 10 Biaya Proses Produksi Per Hari (40 lembar papan).81	
Tabel 11 Total Biaya Bahan Baku dan Proses Produksi Per Hari (40 lembar papan)	82
Tabel 12 Total Biaya Variabel Produksi Papan Zhepyr Per Lembar	82
Tabel 13 Analisis Cash Flow Unit Produksi Papan Zhepyr	85
Tabel 14 Analisis Finansial Unit Produksi Papan Zhepyr	86
Tabel 15 Indikator Evaluasi Keberlanjutan.....	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Rumpun Bambu yang Dibudidayakan untuk Berbagai Keperluan.....	13
Gambar 2 Rotan yang Tumbuh Alami dalam Kawasan Hutan ...	15
Gambar 3 Damar Disadap Masyarakat Sebagai Mata Pencaharian	17
Gambar 4 Ijuk Serat Banyak Dimanfaatkan Sebagai Atap Tradisional Dan Pengikat.....	19
Gambar 5 Daun Rumbia dimanfaatkan untuk Atap atau Dinding	20
Gambar 6 Bambu Parring sebagai Komoditas Utama bahan Bangunan	23
Gambar 7 Rumah Terapung Danau Tempe	41
Gambar 8 Rumah Adat Tongkonan.....	42
Gambar 9 Rumah Adat Suku Sasak di Desa Sade	43
Gambar 10 Rumah Adat Mbaru Niang Wae Rebo	44
Gambar 11 Rumah Adat Suku Bajo di di Kepulauan Togean, Sulawesi Tengah	45
Gambar 12 Rumah Adat Mamasa	46
Gambar 13 Penghancuran struktur silinder bambu.....	58
Gambar 14 Pelaburan Perekat pada Lembaran Bambu.....	59
Gambar 15 Produk Zhepyr dari Bambu	60
Gambar 16 Skema Biaya Produksi	79
Gambar 17 Pengembalian Modal Pada Pembangunan Investasi Unit Produksi Papan Zhepyr	85
Gambar 18 Nilai IRR dengan interpolasi Nilai NPV	86
Gambar 19 Diagram Alir Pengembangan Unit Produksi Bahan Bangunan Bambu.....	88

BAB 1. TANTANGAN PEMBANGUNAN HUNIAN RAMAH LINGKUNGAN

1.1 Krisis Lingkungan dan Kebutuhan Transformasi Sektor Permukiman

Dalam beberapa dekade terakhir, dunia menghadapi krisis lingkungan yang semakin kompleks dan multidimensional. Perubahan iklim, penurunan kualitas udara, deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati, dan meningkatnya jumlah limbah menjadi isu global yang mendesak untuk diatasi. Salah satu sektor yang memberikan kontribusi besar terhadap kerusakan lingkungan adalah sektor konstruksi dan permukiman.

Sektor ini menyumbang lebih dari 30% total emisi gas rumah kaca global, terutama dari penggunaan energi dalam proses produksi material bangunan seperti semen, baja, dan beton. Selain itu, pola pembangunan yang tidak berkelanjutan, seperti alih fungsi lahan hutan untuk perumahan, konsumsi energi tinggi pada bangunan, serta ketergantungan terhadap material tidak terbarukan, semakin memperparah tekanan terhadap lingkungan.

Di Indonesia, tantangan pembangunan hunian ramah lingkungan semakin nyata. Pertumbuhan penduduk yang cepat dan urbanisasi menyebabkan tingginya permintaan akan hunian. Namun, pembangunan perumahan yang ada sebagian besar masih mengikuti pola konvensional yang boros energi, tidak mempertimbangkan keberlanjutan lingkungan, dan belum terintegrasi dengan potensi lokal.

Masalah ini bukan hanya berdampak ekologis, tetapi juga sosial. Ketimpangan akses terhadap hunian layak dan terjangkau masih tinggi, terutama di daerah pedesaan dan kawasan pinggiran kota. Padahal, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam terbarukan yang besar, termasuk hasil hutan bukan kayu (HHBK), yang dapat menjadi solusi lokal untuk pembangunan hunian berkelanjutan.

Krisis lingkungan global menjadi titik balik yang mendorong perlunya transformasi paradigma dalam pembangunan sektor permukiman. Transformasi ini mencakup perubahan cara pandang terhadap hunian, dari sekadar tempat tinggal menjadi bagian dari sistem ekologi dan sosial yang berkelanjutan. Perlu pendekatan yang lebih adaptif dan berbasis sumber daya lokal untuk mengembangkan hunian yang tidak hanya layak secara fisik, tetapi juga mendukung pelestarian lingkungan dan pemberdayaan masyarakat.

Dengan demikian, membangun hunian ramah lingkungan berbasis potensi lokal, seperti HHBK, bukan sekadar pilihan teknis, tetapi kebutuhan strategis dalam menjawab tantangan zaman. Buku ini berangkat dari kesadaran tersebut, dengan tujuan menawarkan pendekatan yang menyeluruh untuk mewujudkan sistem produksi bahan bangunan lokal yang berkelanjutan.

1.2 Isu Bahan Bangunan Konvensional

Sebagian besar praktik pembangunan di Indonesia dan dunia masih bergantung pada bahan bangunan konvensional seperti semen, beton, batu bata bakar, besi, dan baja. Material-material ini telah menjadi standar industri karena dianggap kuat, tahan lama, dan mudah diperoleh melalui skala produksi massal. Namun, di balik keunggulannya, bahan bangunan konvensional menyimpan sejumlah persoalan serius, baik dari segi lingkungan, sosial, maupun ekonomi.

Dampak Lingkungan

Industri bahan bangunan konvensional, khususnya semen dan baja, merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi karbon dioksida (CO₂) di dunia. Proses produksi semen saja menyumbang sekitar 8% dari total emisi karbon global. Selain itu, eksploitasi sumber daya alam untuk bahan baku seperti batu kapur, tanah liat, pasir, dan kerikil menimbulkan kerusakan lahan, penurunan kualitas tanah, serta hilangnya habitat alami.

Batu bata bakar, yang banyak digunakan di pedesaan, juga menimbulkan dampak lingkungan signifikan. Proses pembakarannya yang menggunakan kayu atau bahan bakar fosil menghasilkan emisi polutan yang tinggi, serta mendorong deforestasi jika kayu diambil dari hutan tanpa kontrol.

Krisis Ketersediaan dan Distribusi

Di banyak wilayah terpencil atau kepulauan di Indonesia, distribusi bahan bangunan konvensional menghadapi tantangan logistik dan biaya yang tinggi. Ketergantungan pada suplai dari luar daerah membuat pembangunan menjadi mahal, tidak efisien, dan seringkali tidak sesuai dengan kondisi lingkungan lokal. Hal ini juga menyebabkan kesenjangan antara wilayah perkotaan dan pedesaan dalam akses terhadap hunian layak.

Ketidaksesuaian dengan Lingkungan Lokal

Material konvensional yang dirancang untuk standar industri global belum tentu cocok dengan iklim tropis dan karakter geografis lokal. Misalnya, beton dan seng sering kali menciptakan efek panas berlebih (*urban heat island*) di wilayah tropis, serta tidak memberikan ventilasi alami yang

memadai. Bangunan dengan material seperti ini juga cenderung bersifat kaku dan tidak fleksibel terhadap perubahan fungsi atau adaptasi pascabencana.

Aspek Sosial dan Kemandirian Komunitas

Ketergantungan pada bahan bangunan industri besar melemahkan kemampuan masyarakat lokal untuk membangun sendiri hunian mereka. Banyak komunitas yang kehilangan keterampilan tradisional dan arsitektur lokal yang sebelumnya mengandalkan bahan alam seperti bambu, kayu, rotan, dan tanah. Akibatnya, tercipta ketergantungan terhadap pasar dan perusahaan besar, serta melemahnya ekonomi berbasis kerakyatan.

Isu-isu di atas menunjukkan bahwa sistem bahan bangunan konvensional tidak cukup menjawab tantangan lingkungan dan sosial masa kini. Diperlukan alternatif yang tidak hanya lebih ramah lingkungan, tetapi juga memberdayakan masyarakat lokal dan mendukung ketahanan wilayah. Inilah yang menjadi dasar pentingnya menggali kembali potensi bahan bangunan dari hasil hutan bukan kayu (HHBK) sebagai solusi strategis dan berkelanjutan, yang akan dibahas lebih lanjut dalam bab-bab berikutnya

1.3 Potensi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) merupakan kelompok sumber daya hutan yang memiliki nilai ekonomi, sosial, dan ekologis tinggi, namun belum dimanfaatkan secara optimal dalam sektor konstruksi. HHBK mencakup berbagai jenis hasil alam seperti bambu, rotan, damar, getah-getahan, daun-daunan, serat alam, dan biji-bijian yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan industri, termasuk bahan bangunan.

Berbeda dengan hasil hutan berupa kayu keras, HHBK umumnya lebih cepat tumbuh, dapat dipanen secara berkelanjutan tanpa merusak struktur hutan, dan tersedia secara luas di berbagai ekosistem tropis Indonesia. Pemanfaatan HHBK sebagai bahan bangunan bukan hanya menjadi alternatif ramah lingkungan, tetapi juga dapat mendorong ekonomi sirkular dan penghidupan masyarakat yang tinggal di sekitar hutan.

Keunggulan HHBK sebagai Bahan Bangunan

1. **Terbarukan dan Ramah Lingkungan**
HHBK seperti bambu dan rotan memiliki siklus pertumbuhan yang cepat dan tidak memerlukan deforestasi besar-besaran. Mereka dapat dipanen secara berkala tanpa merusak struktur ekosistem hutan, menjadikannya bahan yang ideal untuk pendekatan bangunan berkelanjutan.
2. **Potensi Lokal dan Ketersediaan Tinggi**
Banyak daerah di Indonesia, seperti Sulawesi Selatan, Kalimantan, dan Papua, memiliki potensi besar HHBK namun belum tergarap secara sistematis. Ketersediaannya yang tersebar dan beragam sesuai wilayah membuka peluang pengembangan sistem produksi lokal berbasis sumber daya setempat.
3. **Fleksibilitas dan Ragam Fungsi**
HHBK bisa diolah menjadi berbagai bentuk bahan bangunan, seperti panel, atap, dinding, lantai, insulasi, dan bahkan komponen struktural. Misalnya, bambu dapat diolah menjadi tiang, balok, hingga papan lapis; serat alam bisa digunakan untuk campuran komposit ringan dan pelapis dinding alami.
4. **Potensi Sosial dan Ekonomi**
Pemanfaatan HHBK dalam sektor konstruksi membuka peluang lapangan kerja di pedesaan dan mendorong tumbuhnya industri kecil dan menengah (UMKM). Penguatan ekonomi lokal dapat tercipta

melalui proses produksi, pengolahan, distribusi, dan inovasi berbasis HHBK.

5. Dukungan terhadap Arsitektur Vernakular
HHBK mendukung pengembangan arsitektur lokal yang telah terbukti adaptif terhadap iklim, budaya, dan kebencanaan. Bangunan tradisional Indonesia, seperti rumah panggung dari bambu atau rotan, memiliki nilai-nilai keberlanjutan yang dapat diadaptasi ke dalam desain hunian hijau modern.

Tantangan dan Peluang Pengembangan

Meskipun potensinya besar, pemanfaatan HHBK sebagai bahan bangunan masih menghadapi beberapa tantangan:

- Minimnya teknologi pengolahan yang sesuai skala lokal,
- Rendahnya standar mutu dan kurangnya sertifikasi produk HHBK,
- Terbatasnya dukungan kebijakan dan insentif pasar untuk mendorong substitusi bahan konvensional,
- Kurangnya integrasi antara riset, inovasi lokal, dan kebutuhan industri bangunan.

Namun, dengan dukungan kelembagaan, inovasi teknologi tepat guna, dan pemberdayaan komunitas lokal, HHBK dapat menjadi pilar penting dalam transformasi sektor konstruksi menuju arah yang lebih berkelanjutan.

BAB 2. HASIL HUTAN BUKAN KAYU (HHBK) SEBAGAI SUMBER MATERIAL BANGUNAN

2.1 Definisi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) adalah hasil hutan hayati baik nabati maupun hewani beserta produk turunan dan budidaya kecuali kayu yang berasal dari hutan. HHBK mencakup semua hasil hutan yang berasal dari hutan alam atau hutan budidaya, baik dari tanaman asli maupun introduksi, selain kayu bulat (*log*), yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan manusia, baik sebagai bahan baku industri, pangan, obat-obatan, maupun material bangunan. Secara umum, HHBK meliputi bagian-bagian tumbuhan seperti daun, batang kecil, bunga, buah, biji, kulit, getah, damar, rotan, bambu, serat, hingga produk hasil pengolahan seperti resin, minyak atsiri, dan arang.

Karakteristik HHBK yang Membedakannya dari Kayu Konvensional:

1. Non-kayu sebagai bahan utama: HHBK tidak berasal dari batang utama pohon seperti kayu keras (misalnya jati atau meranti), tetapi dari bagian tumbuhan lain atau tanaman yang memiliki nilai guna tinggi dan bersifat terbarukan.
2. Panen tidak merusak pohon utama: Banyak HHBK dapat dipanen tanpa menebang pohon, sehingga lebih ramah terhadap kelestarian hutan.
3. Cocok untuk pengelolaan hutan berbasis masyarakat (PHBM): HHBK biasanya tersedia dalam sistem

agroforestri dan hutan rakyat, yang cocok dikembangkan oleh masyarakat desa dan adat.

Klasifikasi HHBK Berdasarkan Fungsi:

Untuk keperluan pembangunan dan bahan bangunan, HHBK umumnya diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok:

- Material struktural: bambu, rotan, enau, ijuk, dan sejenisnya yang bisa digunakan sebagai kerangka, dinding, lantai, atap.
- Bahan pelapis atau dekoratif: serat alam, anyaman daun, kulit kayu, dan sabut kelapa.
- Bahan pelengkap atau pengikat: damar, getah, lateks, dan bahan perekat alami.
- Energi dan pengawetan: arang, minyak atsiri, dan produk HHBK lain yang digunakan untuk keperluan pengeringan, pengawetan, atau finishing.

Peran HHBK dalam Sistem Kehutanan dan Pembangunan Lokal

Selain sebagai sumber bahan bangunan, HHBK juga berperan penting dalam:

- Ekonomi desa dan masyarakat adat, karena banyak HHBK menjadi bagian dari penghidupan masyarakat di sekitar hutan,
- Konservasi dan restorasi hutan, karena pemanfaatannya cenderung menjaga kelestarian tegakan pohon,
- Mitigasi perubahan iklim, karena pemanfaatan HHBK cenderung beremisi rendah dan tidak mengganggu keseimbangan karbon hutan.

Dengan memahami definisi dan cakupan HHBK secara menyeluruh, kita dapat membuka ruang pemanfaatan yang lebih luas, tidak hanya sebagai komoditas pelengkap hutan, tetapi sebagai komponen utama dalam sistem pembangunan berkelanjutan, termasuk dalam sektor perumahan dan konstruksi.

2.2 Klasifikasi HHBK Berdasarkan Potensi Pemanfaatan

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) merupakan kelompok sumber daya yang sangat beragam, baik dari sisi bentuk, sifat fisik, maupun fungsinya. Untuk keperluan pembangunan berkelanjutan, khususnya dalam penyediaan bahan bangunan, HHBK dapat diklasifikasikan berdasarkan potensi pemanfaatannya dalam sektor konstruksi menjadi beberapa kelompok berikut:

1. HHBK Struktural

HHBK yang termasuk dalam kelompok ini memiliki kekuatan mekanis dan ketahanan yang cukup untuk digunakan sebagai elemen struktural bangunan, seperti kerangka, dinding penyangga, lantai, dan atap.

Contohnya:

- Bambu: kuat tarik tinggi, ringan, dan mudah dipanen; cocok untuk struktur utama dan atap.
- Rotan besar (manau, sega): lentur dan bisa digunakan sebagai pengikat atau penopang rangka.
- Batang enau dan pelepah kelapa: digunakan sebagai balok dan tiang rumah tradisional.

2. HHBK Semistruktural dan Pelapis

Kelompok ini digunakan sebagai pelapis, penyekat, atau bagian non-struktural dalam bangunan. Meski tidak memikul beban berat, fungsinya penting dalam estetika, kenyamanan, dan isolasi.

Contohnya:

- Anyaman daun (nipah, lontar, pandan): sebagai dinding, pelapis plafon, dan sekat ruangan.
- Kulit kayu (misalnya dari pohon saeh): digunakan untuk pelapis dinding interior.
- Ijuk dan sabut kelapa: dimanfaatkan sebagai insulasi termal dan pelindung atap tradisional.

3. HHBK Perekat dan Pelengkap Konstruksi

Beberapa HHBK berfungsi sebagai bahan pendukung dalam proses konstruksi, seperti bahan perekat alami atau pelindung permukaan.

Contohnya:

- Damar dan getah: digunakan sebagai bahan pelapis, pengawet kayu alami, atau perekat.
- Minyak atsiri dan resin alami: dipakai dalam finishing, pengawetan, dan pengharum ruangan berbasis organik.
- Arang dan abu tanaman: dimanfaatkan dalam proses pengeringan dan pengawetan bambu atau rotan.

4. HHBK Komposit dan Bahan Inovatif

Dengan teknologi pengolahan sederhana atau menengah, HHBK dapat diolah menjadi bahan bangunan modern seperti panel, papan tekan (*pressed board*), dan komposit biofiber. Contohnya:

- Serat alam (sabut kelapa, serat pisang, eceng gondok): digunakan dalam pembuatan panel bio-komposit.
- Bubur bambu dan serat rotan: sebagai bahan *pressed board* dan lapisan insulasi.
- Daun kering dan sekam padi: bahan tambahan dalam pembuatan bata ringan alami.

5. HHBK dengan Nilai Adaptif Budaya dan Estetika

Jenis HHBK yang memiliki nilai simbolik atau estetika tinggi dan sering digunakan dalam arsitektur vernakular. Contohnya:

- Rotan kecil dan bambu hias: untuk anyaman dinding dekoratif dan plafon artistik.
- Pewarna alami dari HHBK (daun, kulit, getah): digunakan dalam finishing interior rumah berbasis budaya lokal.

Klasifikasi Berdasarkan Ketersediaan dan Skala Penggunaan

Selain berdasarkan fungsi teknis, HHBK juga bisa dikelompokkan berdasarkan:

- Skala penggunaan: rumah tangga (RT), komunitas, atau skala industri kecil.
- Sumber daya: HHBK yang tersedia secara liar (*wild-harvested*) atau hasil budidaya (*cultivated*).

Klasifikasi ini menunjukkan bahwa HHBK bukan sekadar bahan pelengkap, tetapi dapat memainkan peran penting dalam setiap aspek konstruksi hunian, dari struktur utama hingga dekorasi interior. Dengan pemanfaatan yang tepat dan berbasis lokal, HHBK memiliki potensi untuk menggantikan sebagian besar bahan bangunan konvensional yang berdampak tinggi terhadap lingkungan.

2.3 Jenis HHBK Potensial untuk Bahan Bangunan

Pemanfaatan HHBK sebagai bahan bangunan tidak hanya penting dari sisi keberlanjutan, tetapi juga sangat relevan dengan kondisi sosial dan geografis Indonesia. Berikut adalah empat jenis HHBK yang paling potensial untuk dikembangkan dalam sektor konstruksi, baik sebagai bahan struktural, pelapis, maupun pelengkap

1. Bambu

Bambu adalah salah satu HHBK paling menjanjikan untuk bahan bangunan karena sifatnya yang ringan, kuat, cepat tumbuh, dan tersedia luas di seluruh Indonesia. Beberapa keunggulan teknis bambu antara lain:

- Memiliki kekuatan tarik sebanding baja dalam kondisi kering dan terolah dengan baik,
- Tumbuh dalam waktu singkat (3–5 tahun), jauh lebih cepat dibandingkan kayu keras,
- Dapat digunakan sebagai struktur utama, dinding, atap, dan lantai,
- Dapat diolah menjadi komponen modern seperti laminasi, papan bambu, dan panel dinding.
-

Jenis bambu unggulan untuk konstruksi:

- Bambu petung (*Dendrocalamus asper*): ukuran besar, cocok untuk struktur,
- Bambu ori dan tali: untuk anyaman, dinding, atau plafon,
- Bambu betung: kuat, banyak digunakan untuk jembatan dan rumah panggung.

Tantangan utama: ketahanan terhadap hama dan kelembapan. Ini dapat diatasi dengan teknik pengawetan tradisional dan modern (perendaman, pengasapan, atau penggunaan boraks/borat).



Gambar 1 Rumpun Bambu yang Dibudidayakan untuk Berbagai Keperluan
(Sumber: Dokumentasi di Kebun Pribadi, 2012)

2. Rotan

Rotan merupakan HHBK lain yang banyak ditemukan di hutan tropis Indonesia, terutama di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi dan Maluku Utara. Selama ini rotan lebih dikenal sebagai bahan mebel, namun sebenarnya rotan memiliki potensi besar dalam bangunan, khususnya:

- Sebagai pengikat struktural alami pada bangunan bambu,
- Bahan untuk panel dinding ringan dan fleksibel,
- Material dekoratif untuk plafon dan dinding interior,
- Bahan anyaman arsitektural pada partisi ruangan.

Rotan besar seperti rotan manau dan rotan sega cocok untuk aplikasi struktural ringan dan lentur. Rotan kecil seperti rotan fitrit atau rotan tohiti banyak digunakan dalam aplikasi estetis.

Keunggulan: lentur, mudah dibentuk, dan tahan terhadap cuaca jika diproses dengan baik.

Kendala: memerlukan pengolahan awal untuk mencegah serangan jamur dan memperpanjang umur pakai.



Gambar 2 Rotan yang Tumbuh Alami dalam Kawasan Hutan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2012)

3. Damar dan Getah-Getahan

Damar adalah resin alami yang diperoleh dari berbagai jenis pohon *Shorea* dan *Agathis*. Selain digunakan dalam industri pernis dan kosmetik, damar juga dapat dimanfaatkan dalam sektor bangunan, di antaranya:

- Bahan pelapis alami untuk kayu dan bambu, memberikan perlindungan dari air dan serangga,
- Campuran bahan perekat ramah lingkungan,
- Bahan dalam produksi cat, *finishing*, dan pengawet alami.

Jenis damar umum di Indonesia:

- Damar mata kucing (*Shorea javanica*): Sumatera dan Jawa,
- Damar batu (*Agathis* spp.): Kalimantan dan Sulawesi.

Selain damar, getah karet dan getah jelutung juga bisa digunakan dalam pembuatan perekat dan pelapis.

Keunggulan: tersedia alami, tidak beracun, *biodegradable*.
Tantangan: memerlukan teknik ekstraksi dan penyulingan sederhana untuk pemanfaatan skala lokal.



Gambar 3 Damar Disadap Masyarakat Sebagai Mata
Pencarian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

4. Serat Alam

Beragam serat alam dari HHBK dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan non-struktural, insulasi, dan bahan komposit. Beberapa contoh:

- Sabut kelapa (*cocofiber*): bahan dasar papan komposit ringan, matras insulasi suara/panas.
- Ijuk (serat aren): digunakan untuk atap tradisional, insulasi, dan pengikat.
- Daun nipah dan rumbia: atap tradisional dan dinding rumah panggung.
- Serat pisang dan pelepah kelapa: bahan dasar untuk *pressed board* dan bio-panel.
- Eceng gondok: serat anyaman dan bahan campuran komposit ringan.

Keunggulan: terbarukan, banyak tersedia di lahan basah dan lahan marginal, mudah diolah secara manual. Tantangan: umur pakai lebih pendek jika tidak diawetkan atau dilapisi.

Jenis-jenis HHBK di atas menunjukkan bahwa Indonesia memiliki kekayaan material alami yang belum tergarap maksimal untuk sektor konstruksi. Dengan pengolahan yang tepat, material ini dapat menggantikan sebagian bahan bangunan konvensional, sekaligus mendukung pembangunan hunian yang ramah lingkungan, hemat energi, dan memberdayakan masyarakat lokal.



Gambar 4 Ijuk Serat Banyak Dimanfaatkan Sebagai Atap Tradisional Dan Pengikat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2015)

2.4 Ketersediaan dan Sebaran HHBK di Indonesia

Indonesia merupakan negara megabiodiversitas dengan kawasan hutan tropis luas yang menghasilkan berbagai jenis Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Ketersediaan HHBK sangat bergantung pada tipe ekosistem hutan, kondisi geografis, serta praktik pengelolaan masyarakat lokal. Secara umum, HHBK tersebar luas di seluruh wilayah Indonesia, dari hutan hujan dataran rendah hingga kawasan pegunungan dan pesisir.



Gambar 5 Daun Rumbia dimanfaatkan untuk Atap atau Dinding
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2011)

Ketersediaan HHBK di Indonesia Secara Umum

Beberapa daerah penghasil HHBK unggulan:

- Kalimantan dan Sumatera: rotan, damar, getah jelutung, gaharu
- Jawa dan Bali: bambu, serat alam (daun pandan, gebang), minyak atsiri
- Sulawesi: rotan, bambu, damar, enau, lontar, ijuk, dan berbagai serat lokal
- Papua dan NTT: sagu, pandan laut, anggrek hutan, dan bahan pewarna alami

Faktor-faktor yang memengaruhi sebaran HHBK:

- Iklim dan topografi (tinggi rendahnya curah hujan, elevasi)

- Aksesibilitas dan intensitas pemanfaatan oleh masyarakat
- Status lahan (hutan lindung, hutan rakyat, kawasan konservasi)

Meskipun potensinya tinggi, pengelolaan HHBK masih terkendala oleh:

- Kurangnya data inventarisasi yang terperinci
- Pola panen liar yang belum berkelanjutan
- Keterbatasan teknologi pascapanen dan distribusi pasar

Potensi HHBK di Sulawesi Selatan

Sulawesi Selatan memiliki kekayaan HHBK yang sangat beragam, didukung oleh bentang alam pegunungan, hutan sekunder, serta budaya lokal yang masih lekat dengan praktik pengelolaan sumber daya berbasis kearifan tradisional. Wilayah potensial antara lain: Enrekang, Toraja, Luwu, Maros, Bulukumba, dan Soppeng.

Tabel 1 Beberapa Jenis HHBK Unggulan di Sulawesi Selatan

Jenis HHBK	Daerah Penghasil	Potensi Pemanfaatan Bangunan
Bambu parring	Maros, Enrekang, Luwu	Tiang rumah, rangka atap, rakit
Bambu tallang	Toraja, Toraja Utara	Anyaman dinding, lantai, plafon
Bambu awo	Soppeng, Bone	Struktur ringan, hiasan interior
Rotan	Luwu Timur, Bone	Pengikat struktural, bahan panel dan anyaman

Damar	Luwu Timur	Pelapis alami, pengawet bambu/rotan, bahan perekat
Daun lontar	Jeneponto, Bulukumba	Atap rumah tradisional, dinding anyaman
Ijuk dan sabut	Sinjai, Barru	Insulasi, pengikat, pelapis atap

Ciri Khas Pengelolaan HHBK di Sulsel:

- Banyak HHBK dimanfaatkan secara tradisional dalam rumah adat dan bangunan komunitas, seperti tongkonan, rumah panggung, dan balai desa.
- Kearifan lokal seperti hutan adat di Toraja, Toraja Utara, Enrekang dan Luwu Timur menjaga kelestarian bambu, rotan dan damar.
- Potensi budidaya bambu dan rotan oleh masyarakat belum tergarap maksimal sebagai komoditas ekonomi.

Tantangan dan Peluang Pengembangan

Tantangan utama:

- Ketiadaan data spasial dan inventarisasi HHBK skala tapak
- Minimnya dukungan teknologi pascapanen dan manajemen mutu
- Akses pasar yang terbatas dan belum terintegrasi

Peluang:

- Integrasi HHBK ke dalam program pembangunan desa berbasis SDA lokal
- Pengembangan unit produksi bahan bangunan lokal berbasis HHBK di kabupaten-kabupaten dengan akses hutan
- Potensi kerja sama antar desa atau BUMDes dalam mengelola dan memasarkan produk turunan HHBK

Sulawesi Selatan menyimpan potensi besar dalam pengembangan bahan bangunan lokal berbasis HHBK. Dengan pemetaan sumber daya, penguatan kelembagaan, dan pengolahan yang inovatif, HHBK dari daerah ini tidak hanya bisa menopang pembangunan hunian hijau lokal, tetapi juga menjadi model replikasi untuk wilayah lain di Indonesia.



Gambar 6 Bambu Parring sebagai Komoditas Utama bahan Bangunan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2013)

2.5 Nilai Ekologis, Ekonomis, dan Sosial HHBK

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) tidak hanya memiliki nilai komersial sebagai produk konsumsi dan bahan bangunan alternatif, tetapi juga mengandung nilai ekologis, ekonomis, dan sosial yang penting dalam mendukung sistem permukiman berkelanjutan, pelestarian lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat. Ketiga dimensi ini saling berkaitan dan memperkuat argumen bahwa HHBK harus menjadi bagian dari strategi pembangunan hijau di tingkat lokal maupun nasional.

Nilai Ekologis

Pemanfaatan HHBK memiliki kontribusi penting terhadap pelestarian ekosistem hutan dan pengurangan tekanan terhadap kayu keras dan sumber daya tidak terbarukan lainnya. Nilai ekologis utama HHBK antara lain:

- Konservasi keanekaragaman hayati:

HHBK berasal dari spesies hutan yang sering kali tumbuh di bawah kanopi hutan utama atau pada zona pinggiran hutan, sehingga pemanfaatannya cenderung tidak merusak struktur hutan secara keseluruhan.

- Menurunkan laju deforestasi:

Dengan memanfaatkan HHBK sebagai alternatif bahan bangunan, tekanan eksploitasi terhadap kayu keras dapat dikurangi secara signifikan.

- Restorasi dan agroforestri:

HHBK seperti bambu, rotan, dan damar cocok ditanam pada lahan kritis dan semikritis. Jenis-jenis ini

berfungsi sebagai tanaman pelindung tanah, penyimpanan air, serta penyerap dan penyimpan karbon (*carbon sink*).

- Rendah emisi karbon:

HHBK umumnya tidak memerlukan proses ekstraktif atau industri berat seperti semen atau baja, sehingga emisi karbon dari proses produksinya relatif rendah.

Nilai Ekonomis

HHBK memberikan peluang ekonomi yang luas bagi masyarakat sekitar hutan, baik dalam bentuk pemanfaatan langsung maupun pengembangan produk olahan. Nilai ekonomis HHBK meliputi:

- **Pendapatan tambahan masyarakat:**

Banyak rumah tangga desa bergantung pada hasil dari HHBK sebagai sumber penghidupan harian (rotan, damar, bambu, daun atap, dll.).

- **Diversifikasi ekonomi desa:**

Pemanfaatan HHBK dapat menciptakan unit usaha kecil seperti pengrajin bambu, produsen panel bangunan, koperasi HHBK, dan usaha rumah tangga berbasis hasil hutan.

- **Potensi pasar yang luas:**

Produk bangunan ramah lingkungan dan berbasis alam makin diminati di pasar lokal maupun ekspor, terutama untuk kebutuhan *resort*, *villa eco-friendly*, dan perumahan berbasis komunitas.

- **Biaya produksi lebih rendah:**

Dibandingkan dengan material bangunan konvensional, HHBK sering kali dapat diperoleh dengan biaya lebih murah (terutama jika diolah secara lokal), sehingga cocok untuk program pembangunan perumahan rakyat dan padat karya.

Nilai Sosial dan Budaya

HHBK memiliki peran yang mendalam dalam struktur sosial dan budaya masyarakat lokal, serta berkontribusi pada ketahanan komunitas dan identitas lokal. Nilai-nilai sosial HHBK antara lain:

- **Pemberdayaan masyarakat adat dan lokal:**

Banyak HHBK telah menjadi bagian dari praktik tradisional turun-temurun, seperti penggunaan bambu dan daun untuk rumah adat, atau pengumpulan damar sebagai mata pencaharian keluarga.

- **Pelestarian kearifan lokal dan teknik bangunan tradisional:**

Pemanfaatan HHBK mendukung pemertahanan pengetahuan lokal tentang arsitektur vernakular, teknik anyaman, dan pengawetan bahan alami.

- **Peluang kerja dan pelatihan keterampilan:**

Unit produksi HHBK berbasis desa menciptakan lapangan kerja informal, terutama untuk kelompok perempuan dan pemuda.

- Penguatan kohesi sosial:

Aktivitas pengelolaan HHBK sering dilakukan secara gotong royong dan berbasis kelembagaan komunitas seperti koperasi, kelompok tani hutan, atau BUMDes.

Nilai ekologis, ekonomis, dan sosial HHBK menjadikannya sumber daya yang strategis dalam pengembangan hunian hijau dan pembangunan berkelanjutan. Ketika dikelola dengan tepat, HHBK bukan hanya menjadi alternatif bahan bangunan, tetapi juga fondasi bagi ekonomi lokal yang inklusif, konservasi lingkungan, dan revitalisasi budaya masyarakat.

BAB 3. KONSEP HUNIAN HIJAU RENDAH EMISI KARBON DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

3.1 Pengertian Hunian Hijau Rendah Emisi Karbon

Hunian hijau (*green housing*) rendah emisi karbon adalah konsep perumahan yang dirancang, dibangun, dan dikelola dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan, efisiensi sumber daya untuk meminimalkan pelepasan emisi karbon, dan kesejahteraan penghuni. Hunian hijau rendah emisi karbon juga dapat didefinisikan sebagai perumahan berkelanjutan yang mengoptimalkan sumber daya dan teknologi ramah lingkungan guna menekan jejak karbon serta menciptakan ruang hidup yang sehat dan nyaman. Hunian hijau rendah emisi karbon tidak hanya menekankan pada pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga pada penciptaan ruang hidup yang sehat, hemat energi, serta mendukung harmoni sosial dan ekologis.

Hunian hijau rendah emisi karbon adalah konsep perumahan yang sejak tahap perencanaan, pembangunan, hingga pengelolaan, dirancang untuk menekan pelepasan emisi karbon seminimal mungkin. Hal ini dilakukan melalui penerapan prinsip keberlanjutan lingkungan, efisiensi sumber daya, dan peningkatan kesejahteraan penghuni.

Pada sektor perumahan, emisi karbon terutama berasal dari dua sumber utama:

1. Material bangunan: seperti semen, beton, dan baja yang proses produksinya menghasilkan emisi CO₂ tinggi.
2. Konsumsi energi: listrik dan bahan bakar fosil untuk pencahayaan, pendinginan, pemanas, serta kegiatan sehari-hari penghuni.

Hunian hijau rendah emisi karbon mengurangi dampak ini dengan:

- Menggunakan material ramah lingkungan seperti bambu, rotan, serat alam, dan bahan lokal dari hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang memiliki jejak karbon rendah.
- Menerapkan desain pasif seperti pencahayaan alami, ventilasi silang, dan insulasi termal untuk menekan kebutuhan energi listrik.
- Memanfaatkan energi terbarukan (panel surya, biogas, dll.) untuk menggantikan energi fosil.
- Mengelola air dan limbah secara bijak sehingga meminimalkan polusi dan proses dekomposisi yang melepaskan gas rumah kaca.

Selain mengurangi emisi, hunian ini menciptakan ruang hidup yang sehat, hemat biaya jangka panjang, serta selaras dengan iklim, budaya, dan lanskap setempat. Dengan demikian, hunian hijau rendah emisi karbon menjadi strategi penting dalam mitigasi perubahan iklim sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat

Ciri-Ciri Hunian Hijau:

1. Efisiensi energi dan sumber daya
 - Menggunakan pencahayaan alami dan ventilasi silang
 - Menerapkan isolasi termal untuk mengurangi penggunaan AC
 - Memanfaatkan energi terbarukan jika memungkinkan (misal: panel surya)
2. Penggunaan bahan bangunan ramah lingkungan
 - Memilih material lokal, terbarukan, dan minim olahan
 - Menghindari bahan yang menghasilkan emisi tinggi seperti beton dan baja berlebihan
 - Memanfaatkan hasil hutan bukan kayu (HHBK) seperti bambu, rotan, atau serat alam
3. Pengelolaan air dan limbah yang bijak
 - Sistem pemanenan air hujan dan daur ulang air limbah
 - Pengelolaan limbah rumah tangga berbasis kompos dan bank sampah
 - Septik tank ramah lingkungan (biopori, WC kompos, dll.)
4. Kesehatan dan kenyamanan penghuni
 - Sirkulasi udara yang baik untuk kualitas udara dalam ruangan
 - Penggunaan material bebas racun dan aman bagi kesehatan
 - Penataan ruang yang mendukung keseimbangan psikologis dan sosial
5. Adaptif terhadap lingkungan lokal
 - Menyesuaikan desain dengan iklim, budaya, dan kondisi geografis
 - Mengintegrasikan unsur vegetasi (taman, dinding hijau, atap hijau)

- Menghormati lanskap dan tidak merusak ekosistem sekitar

Mengapa Hunian Hijau Penting?

- Mengurangi jejak karbon sektor perumahan, yang merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar melalui material bangunan dan penggunaan energi.
- Menjawab tantangan perubahan iklim melalui pendekatan adaptif dan mitigatif dalam desain dan konstruksi.
- Mendorong ketahanan masyarakat melalui penghematan biaya jangka panjang, kualitas hidup yang lebih baik, dan pemanfaatan sumber daya lokal.
- Mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya poin 11 (kota dan permukiman berkelanjutan) dan 13 (aksi terhadap perubahan iklim).

Hunian Hijau dalam Konteks Lokal

Di banyak daerah di Indonesia, termasuk Sulawesi Selatan, prinsip hunian hijau sesungguhnya telah lama diterapkan melalui arsitektur tradisional:

- Rumah panggung yang memanfaatkan sirkulasi udara alami
- Material HHBK seperti bambu, ijuk, daun rumbia, dan rotan
- Penyesuaian dengan iklim tropis basah, termasuk overstek dan ventilasi terbuka
- Partisipasi komunitas dalam pembangunan dan pemeliharaan rumah

Konsep hunian hijau modern dapat mengadopsi dan mengembangkan warisan ini dengan pendekatan teknologi sederhana dan inovasi lokal untuk menciptakan solusi yang berakar dari kearifan lokal namun sesuai dengan tantangan masa kini.

3.2 Prinsip-Prinsip Desain Arsitektur Hijau

Arsitektur hijau merupakan pendekatan desain bangunan yang menyeimbangkan kebutuhan manusia, kelestarian lingkungan, dan efisiensi sumber daya. Desain ini tidak hanya berorientasi pada estetika atau struktur semata, tetapi juga memperhatikan siklus hidup material, efisiensi energi, dan keberlangsungan lingkungan sekitarnya. Dalam konteks hunian, prinsip arsitektur hijau menjadi dasar dalam menciptakan hunian yang sehat, hemat, dan harmonis dengan alam.

Prinsip-Prinsip Utama Arsitektur Hijau:

1. Efisiensi Energi

- Memaksimalkan pencahayaan dan ventilasi alami (*daylighting* dan *cross ventilation*)
- Menggunakan desain bangunan yang merespons arah matahari dan angin
- Mengadopsi teknologi hemat energi seperti lampu LED dan sistem pendingin pasif
- Mengintegrasikan sumber energi terbarukan, seperti panel surya

2. Pemanfaatan Material Ramah Lingkungan

- Memilih material lokal dan terbarukan, seperti bambu, rotan, dan serat alam
- Menghindari bahan dengan jejak karbon tinggi atau berbahaya (PVC, asbes)
- Menggunakan kembali (reuse) dan mendaur ulang (*recycle*) bahan bangunan
- Meminimalkan limbah konstruksi dengan desain modular dan presisi fabrikasi

3. Pengelolaan Air yang Berkelanjutan

- Sistem pemanenan air hujan untuk kebutuhan non-potabel
- Desain lanskap dengan tanaman lokal (*xeriscaping*) yang hemat air
- Instalasi sanitasi ekologis (misal: bio-septik, toilet kompos)
- Penyerapan air hujan melalui sumur resapan dan biopori

4. Kesehatan dan Kenyamanan Penghuni

- Desain interior dengan pencahayaan alami dan sirkulasi udara yang optimal
- Penggunaan material bebas racun dan VOC rendah
- Akustik yang baik untuk kenyamanan suara di dalam ruang
- Penataan ruang yang ergonomis dan mendukung produktivitas

5. Integrasi dengan Lingkungan Sekitar

- Menyesuaikan desain dengan karakter topografi, iklim, dan budaya lokal
- Menerapkan prinsip lanskap ekologis (*green open space*, taman vertikal)
- Meminimalkan gangguan terhadap habitat lokal atau ekosistem
- Mengadopsi bentuk bangunan yang selaras dengan lingkungan (*bio-mimicry*)

6. Adaptasi dan Mitigasi terhadap Perubahan Iklim

- Bangunan tahan bencana (banjir, angin kencang, gempa)
- Desain responsif terhadap cuaca ekstrem (atap reflektif, dinding tebal)
- Material yang memiliki daya tahan dan umur panjang
- Mengurangi jejak karbon dari proses konstruksi dan penggunaan

Aplikasi Prinsip-Prinsip Ini dalam Konteks Lokal

Di banyak wilayah Indonesia, prinsip arsitektur hijau telah lama menjadi praktik tradisional, seperti:

- Rumah panggung untuk menghadapi banjir dan memanfaatkan aliran udara bawah rumah
- Bambu dan serat alam sebagai insulasi alami yang sejuk
- Dinding anyaman (gedhek, rotan, atau bambu tallang) sebagai ventilasi pasif
- Atap rumbia atau daun lontar yang tahan panas dan ramah lingkungan

Melalui pendekatan revitalisasi arsitektur lokal dengan sentuhan teknologi tepat guna, prinsip-prinsip ini dapat menjadi fondasi desain bangunan masa depan yang berkelanjutan, layak huni, dan terjangkau.

3.3 Karakteristik Material Ramah Lingkungan

Dalam mewujudkan hunian hijau, pemilihan material bangunan memainkan peran penting. Material yang ramah lingkungan tidak hanya berdampak positif terhadap ekosistem, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi energi, kenyamanan penghuni, dan keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, perlu dipahami karakteristik utama yang membedakan material ramah lingkungan dari material konvensional.

Karakteristik Utama Material Ramah Lingkungan:

1. Bersumber dari Alam dan Terbarukan

- Bahan berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui, seperti bambu, rotan, serat alam, tanah liat, dan kayu cepat tumbuh.
- Proses ekstraksi tidak merusak ekosistem atau menimbulkan degradasi lahan.

2. Diproduksi Secara Lokal

- Material berasal dari wilayah sekitar lokasi pembangunan, sehingga mengurangi emisi karbon dari transportasi.
- Mendorong ekonomi lokal dan kemandirian komunitas.

3. Minim Olahan dan Konsumsi Energi Rendah

- Tidak melalui proses industri berat atau pemanasan tinggi seperti semen atau baja.
- Memiliki jejak karbon (*carbon footprint*) rendah dalam siklus produksinya.

4. Tahan Lama dan Mudah Didaur Ulang

- Material tidak cepat rusak, tahan terhadap cuaca tropis, dan memiliki masa pakai yang panjang.
- Setelah masa pakai habis, material dapat diurai secara alami atau didaur ulang tanpa membahayakan lingkungan.

5. Tidak Mengandung Racun atau Bahan Kimia Berbahaya

- Bebas dari zat kimia beracun seperti formaldehida, merkuri, atau senyawa organik volatil (VOC).
- Aman bagi kesehatan penghuni, terutama di ruang tertutup.

6. Memberikan Kenyamanan Termal dan Akustik

- Memiliki kemampuan isolasi panas dan suara alami.
- Menurunkan kebutuhan pendingin ruangan (AC) dan meningkatkan efisiensi energi.

7. Dapat Diolah dengan Teknologi Sederhana

- Dapat diproses menggunakan alat dan teknik lokal tanpa ketergantungan pada teknologi industri besar.
- Memungkinkan pemberdayaan masyarakat melalui pelatihan dan produksi skala kecil.

Tabel 2 Contoh Material Ramah Lingkungan (HHBK dan Lainnya)

Material	Asal & Sifat	Karakteristik Ramah Lingkungan
Bambu	Tumbuh cepat, lokal	Terbarukan, kuat, ringan, mudah diolah
Rotan	Hutan tropis	Lentur, lokal, bisa dikombinasi jadi panel
Serat alam (sabut, ijuk, daun)	Limbah pertanian	Daur ulang, isolatif, <i>biodegradable</i>
Damar dan getah	Resin alami	Bahan perekat/finishing alami, non-toksik
Tanah liat/bata press	Lokal, alami	Tidak membakar energi tinggi

Pentingnya Material Ramah Lingkungan dalam Hunian Hijau

- Meningkatkan efisiensi energi bangunan
- Mengurangi dampak lingkungan dari sektor konstruksi
- Memperkuat kemandirian komunitas dan nilai ekonomi lokal
- Mendorong transformasi industri bahan bangunan ke arah berkelanjutan

Material ramah lingkungan bukan hanya tentang keberlanjutan sumber daya, tetapi juga tentang keamanan penghuni, efisiensi jangka panjang, dan konektivitas dengan nilai-nilai lokal. HHBK sebagai sumber material bangunan potensial di Indonesia memenuhi hampir semua karakteristik

tersebut, sehingga memiliki posisi strategis dalam pembangunan hunian hijau berbasis komunitas.

3.4 Relevansi HHBK dalam Konteks Hunian Hijau

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) memiliki potensi besar sebagai sumber material bangunan yang sejalan dengan prinsip hunian hijau. Sifat alaminya yang ramah lingkungan, ketersediaannya yang melimpah secara lokal, serta kemudahan dalam pengolahan menjadikan HHBK sebagai alternatif nyata terhadap bahan bangunan konvensional yang seringkali berdampak buruk bagi lingkungan dan sosial ekonomi.

1. HHBK sebagai Material Lokal, Terbarukan, dan Ramah Lingkungan

- Sumber daya terbarukan: HHBK seperti bambu, rotan, damar, dan serat alam memiliki kemampuan regenerasi yang cepat dibandingkan kayu keras atau bahan tambang.
- Jejak karbon rendah: Proses ekstraksi dan pengolahannya tidak membutuhkan energi tinggi dan tidak menimbulkan emisi karbon signifikan.
- Dapat terurai secara alami: Tidak menciptakan limbah berbahaya bagi lingkungan pada akhir masa pakai.

2. Mendukung Efisiensi dan Kesehatan Hunian

- Insulasi termal dan akustik alami: Bambu dan serat alam mampu menstabilkan suhu dan meredam suara, mendukung kenyamanan penghuni tanpa ketergantungan listrik.

- Bebas bahan kimia berbahaya: Tidak mengandung zat toksik atau senyawa organik volatil (VOC) yang mengganggu kesehatan.

3. Mendorong Kemandirian dan Pemberdayaan Komunitas

- Diproduksi dan diolah secara lokal: Mengurangi ketergantungan pada material impor atau industri besar, sekaligus membuka peluang kerja lokal.
- Mendorong inovasi dan ekonomi desa: Melalui pelatihan, kelompok usaha, dan koperasi pengolahan HHBK.
- Potensi penguatan kearifan lokal: Banyak masyarakat adat dan pedesaan telah lama menggunakan HHBK dalam konstruksi tradisional.

Tabel 3 Kontribusi HHBK terhadap Tujuan Hunian Hijau

Prinsip Hunian Hijau	Kontribusi HHBK
Efisiensi energi dan sumber daya	Material ringan, mudah dipasang, minim proses industri
Pengelolaan limbah dan keberlanjutan	Mudah didaur ulang, biodegradable, limbah kecil saat konstruksi
Material ramah lingkungan	Alami, lokal, non-toksik, tidak mencemari lingkungan
Kesehatan dan kenyamanan penghuni	Aman bagi pernapasan, menyerap kelembaban, nyaman
Integrasi sosial dan ekonomi lokal	Mendorong partisipasi masyarakat dan pembangunan inklusif

Studi Kontekstual: HHBK di Sulawesi Selatan

Di wilayah seperti Sulawesi Selatan, HHBK seperti bambu parring, bambu tallang, bambu awo, rotan, dan damar banyak ditemukan dan telah dimanfaatkan secara tradisional. Pemanfaatan HHBK untuk hunian:

- Menjaga keberlanjutan ekosistem hutan melalui praktik pemanenan lestari
- Mengurangi tekanan terhadap kayu keras
- Meningkatkan ketahanan komunitas terhadap krisis ekonomi atau perubahan iklim

Pemanfaatan HHBK dalam pembangunan hunian hijau bukan sekadar alternatif teknis, melainkan juga pilihan strategis dan berkeadilan. HHBK mengintegrasikan aspek ekologis, ekonomis, sosial, dan budaya dalam satu pendekatan material bangunan yang mendukung transisi ke arah permukiman berkelanjutan.

3.5 Studi Kasus dan Contoh Inspiratif Hunian Hijau

Untuk memahami penerapan prinsip hunian hijau secara nyata, penting melihat bagaimana konsep ini telah diadopsi di berbagai daerah, terutama dalam konteks penggunaan material lokal seperti Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Studi kasus ini tidak hanya menunjukkan keberhasilan teknis dan desain, tetapi juga menggambarkan dampak sosial-ekonomi dan keberlanjutan dari penerapan hunian ramah lingkungan berbasis komunitas.

1. Rumah Terapung Danau Tempe

Lokasi: Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan

Material utama: Bambu parring, bambu tallang, rumbia, dan

tanah liat

Fitur unggulan:

- Menggunakan bambu lokal yang diawetkan dengan metode tradisional dan teknik modern (pengeringan asap).
- Desain rumah panggung adaptif terhadap kelembapan tanah dan sirkulasi udara.
- Kombinasi dinding anyaman bambu dan atap rumbia memberikan insulasi termal alami.
- Tenaga kerja lokal dilibatkan dalam pembangunan, menciptakan lapangan kerja sekaligus melestarikan kearifan lokal.



Gambar 7 Rumah Terapung Danau Tempe

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016. Penulis sebagai Anggota Tim Peneliti BPTPT Makassar, 2010–2017)

2. Rumah Adat Tongkonan

Lokasi: Tana Toraja, Toraja Utara, Sulawesi Selatan

Material utama: Kayu lokal, bambu, dan ijuk

Fitur unggulan:

- Bentuk atap melengkung menyerupai perahu, dirancang untuk ketahanan terhadap hujan deras dan angin kencang di dataran tinggi.

- Menggunakan sambungan kayu tanpa paku, meningkatkan umur bangunan dan kemudahan perawatan.
- Ruang kolong rumah dimanfaatkan sebagai gudang dan kandang ternak, memaksimalkan fungsi lahan.
- Memiliki nilai simbolis dan sosial sebagai pusat kehidupan adat.



Gambar 8 Rumah Adat Tongkonan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2013)

3. Rumah Adat Suku Sasak

Lokasi: Desa Sade, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat
Material utama: Bambu, kayu, alang-alang, dan tanah liat
Fitur unggulan:

- Atap alang-alang tebal yang memberikan isolasi panas alami dan ketahanan terhadap angin.
- Lantai rumah dari tanah liat yang dipoles campuran kotoran kerbau untuk mengeringkan permukaan dan mencegah retak.
- Dinding anyaman bambu ringan namun kokoh, memungkinkan sirkulasi udara alami.
- Dibangun secara gotong royong, memperkuat ikatan sosial warga.



Gambar 9 Rumah Adat Suku Sasak di Desa Sade
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016)

4. Rumah Adat Mbaru Niang Wae Rebo

Lokasi: Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur

Material utama: Kayu, bambu, daun lontar dan ijuk

Fitur unggulan:

- Bentuk kerucut tinggi (Mbaru Niang) yang mampu menahan angin kencang dan meminimalkan beban atap saat hujan.
- Satu rumah dapat menampung beberapa keluarga, mendorong kehidupan komunal yang harmonis.
- Material diambil dari hutan sekitar secara lestari dengan perizinan adat.

- Proses pembangunan mengikuti ritual tradisional, menjaga warisan budaya sekaligus memastikan keberlanjutan sumber daya.



Gambar 10 Rumah Adat Mbaru Niang Wae Rebo
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2013)

5. Rumah Suku Bajo

Lokasi: Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara
(perkampungan pesisir dan laut)

Material utama: Kayu ulin, bambu, dan atap rumbia atau seng
Fitur unggulan:

- Dibangun di atas tiang kayu langsung di perairan dangkal atau tepi pantai, adaptif terhadap pasang surut laut.
- Menggunakan material tahan air dan kelembapan tinggi, seperti kayu pingsan (*Teysmanniodendron* sp.) yang awet puluhan tahun.
- Struktur terbuka memungkinkan sirkulasi angin maksimal untuk kenyamanan termal.

- Mempertahankan budaya maritim Suku Bajo yang hidup berdampingan dengan laut, sekaligus mendukung perikanan berkelanjutan.



Gambar 11 Rumah Adat Suku Bajo di di Kepulauan Togean, Sulawesi Tengah

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2011)

6. Rumah Adat Mamasa

Lokasi: Kabupaten Mamasa, Sulawesi Barat

Material utama: Kayu lokal, bambu, dan ijuk atau sirap kayu

Fitur unggulan:

- Bentuk arsitektur mirip Tongkonan namun dengan adaptasi khas pegunungan Mamasa, seperti kemiringan atap yang lebih landai untuk mengurangi tekanan angin.
- Pondasi panggung tinggi untuk melindungi dari kelembapan tanah dan serangan hama.
- Ruang bawah dimanfaatkan sebagai penyimpanan hasil panen atau kandang ternak.
- Menggunakan material alami yang diambil secara selektif dari hutan sekitar, menjaga kelestarian sumber daya.
- Memiliki fungsi sosial sebagai pusat kegiatan adat dan simbol identitas masyarakat Mamasa.



Gambar 12 Rumah Adat Mamasa
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2014)

Enam studi kasus ini membuktikan bahwa hunian hijau dapat menggabungkan efisiensi energi, adaptasi terhadap lingkungan, dan pelestarian budaya. Dari rumah laut Suku Bajo hingga rumah pegunungan Mamasa, setiap desain menunjukkan kecerdasan lokal dalam memanfaatkan material alami untuk menciptakan hunian yang nyaman, tahan lama, dan berkelanjutan.

Pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) seperti bambu, rotan, damar, dan serat alam telah terbukti sangat fungsional dalam pembangunan hunian hijau. Material ini bukan hanya melimpah di berbagai daerah, tetapi juga memiliki sifat teknis yang mendukung kekuatan,

kenyamanan, dan keindahan bangunan. Bambu dan rotan memberikan kelenturan sekaligus kekuatan struktural, damar berfungsi sebagai pelapis alami yang tahan air, sedangkan serat alam mampu menjadi bahan atap, dinding, hingga insulasi termal. Seluruh material tersebut bersifat terbarukan dan ramah lingkungan, sehingga selaras dengan prinsip keberlanjutan. Keberhasilan penerapan hunian hijau berbasis HHBK tidak lepas dari keterlibatan aktif masyarakat. Melalui pelatihan, transfer pengetahuan, dan kegiatan gotong royong, warga bukan sekadar penerima manfaat, tetapi menjadi pelaku utama dalam proses pembangunan. Keterlibatan ini memperkuat rasa memiliki, memastikan pemeliharaan jangka panjang, sekaligus melestarikan teknik konstruksi tradisional yang diwariskan turun-temurun.

Dari sisi biaya, penggunaan HHBK secara signifikan menekan pengeluaran tanpa mengorbankan kualitas. Bahan yang diambil dari lingkungan sekitar mengurangi biaya transportasi dan pembelian material pabrik, sementara tenaga kerja lokal yang terlibat dalam sistem gotong royong membantu menekan ongkos konstruksi. Hasilnya, hunian yang dihasilkan tidak hanya kompetitif secara ekonomis, tetapi juga memiliki nilai tambah ekologis dan kultural. Selain itu, hunian ini terbukti responsif terhadap lingkungan dan kondisi bencana. Desain panggung melindungi dari banjir dan kelembapan tanah, struktur bambu yang lentur mampu menahan guncangan gempa, serta sifat alami material yang mampu mengatur suhu dan kelembapan ruang mengurangi ketergantungan pada pendingin atau pemanas buatan.

Model hunian hijau ini memiliki potensi replikasi yang tinggi di berbagai wilayah Nusantara. Prinsip utamanya, memanfaatkan material lokal, menggerakkan partisipasi masyarakat, dan menyesuaikan desain dengan karakter geografis, dapat diterapkan di daerah pesisir, pegunungan, rawa, hingga dataran kering. Dengan dukungan pelatihan dan

panduan teknis yang tepat, konsep ini bukan hanya menjawab kebutuhan perumahan berkelanjutan, tetapi juga menjaga keanekaragaman budaya arsitektur Indonesia sambil memberdayakan ekonomi lokal

Tabel 4 Temuan Utama dari Studi Kasus Hunian Hijau

Aspek	Temuan Utama
Material	Bambu, rotan, damar, serat alam sangat fungsional
Keterlibatan masyarakat	Kunci keberhasilan melalui pelatihan dan gotong royong
Efisiensi biaya	Material HHBK menekan biaya tanpa mengorbankan kualitas
Ketahanan lingkungan	Bangunan responsif terhadap iklim dan bencana
Replikasi	Model hunian hijau bisa diadaptasi ke berbagai wilayah

Studi-studi ini menunjukkan bahwa hunian hijau berbasis HHBK bukan hanya konsep teoritis, melainkan praktik yang telah terbukti dapat diimplementasikan secara lokal, terjangkau, dan berkelanjutan. Ke depan, penting memperluas replikasi dan memperkuat kolaborasi antar-pemangku kepentingan untuk mempercepat adopsi konsep ini di seluruh Indonesia.

BAB 4. UNIT PRODUKSI BAHAN BANGUNAN LOKAL

4.1 Konsep Unit Produksi Berbasis Komunitas

Pengembangan hunian hijau tidak hanya bergantung pada desain arsitektur dan pemilihan material, tetapi juga pada sistem produksi material itu sendiri. Dalam konteks keberlanjutan dan pemberdayaan lokal, unit produksi bahan bangunan berbasis komunitas menjadi strategi utama untuk memastikan ketersediaan material ramah lingkungan yang berkelanjutan, terjangkau, dan memberdayakan masyarakat.

Definisi dan Prinsip Dasar

Unit produksi berbasis komunitas adalah fasilitas atau kelompok usaha yang:

- Mengelola dan memproduksi bahan bangunan dari sumber daya lokal (termasuk HHBK)
- Dikelola secara partisipatif oleh masyarakat setempat, baik secara individu, kelompok, koperasi, maupun UMKM
- Mengusung prinsip keberlanjutan lingkungan, efisiensi sumber daya, dan kemandirian ekonomi

Prinsip-prinsip utama

- Desentralisasi produksi: Dekat dengan sumber bahan baku dan pasar lokal
- Pemberdayaan masyarakat: Transfer keterampilan, penciptaan lapangan kerja, dan kepemilikan lokal

- Kearifan lokal dan teknologi tepat guna: Memadukan pengetahuan tradisional dengan inovasi sederhana

Mengapa Berbasis Komunitas?

Ketersediaan bahan baku lokal menjadi salah satu fondasi terkuat dalam pengembangan hunian hijau berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Komunitas yang tinggal dekat sumber bambu, rotan, damar, dan berbagai serat alam dapat memanfaatkan kekayaan alam ini tanpa harus bergantung pada pasokan dari luar wilayah. Hal ini memudahkan proses produksi sekaligus menghemat waktu dan sumber daya. Dari sisi efisiensi, kedekatan dengan bahan baku juga memangkas biaya transportasi dan mengurangi ketergantungan pada rantai distribusi panjang yang rawan hambatan, sehingga pembangunan dapat berjalan lebih cepat dan ekonomis.

Kemandirian ekonomi desa pun ikut terbangun melalui pembentukan unit produksi yang tidak hanya menyediakan kebutuhan material bangunan, tetapi juga menjadi sumber penghasilan baru. Masyarakat memperoleh keterampilan dalam mengolah HHBK, mulai dari proses pengawetan hingga konstruksi, yang dapat dikembangkan menjadi usaha mandiri atau koperasi. Ketersediaan bahan baku yang dikelola secara berkelanjutan juga memperkuat ketahanan pasokan material. Dengan begitu, risiko kelangkaan atau fluktuasi harga akibat ketergantungan pada pemasok luar dapat diminimalkan.

Di sisi lain, produksi dan penggunaan HHBK dilakukan dengan mengacu pada prinsip pelestarian lingkungan dan penghormatan terhadap nilai-nilai budaya setempat. Penebangan atau pengambilan material dilakukan secara selektif agar tidak merusak ekosistem, sementara desain bangunan mempertahankan ciri khas arsitektur tradisional. Perpaduan antara pelestarian alam dan budaya ini menjadikan

hunian hijau bukan sekadar solusi tempat tinggal, tetapi juga simbol keberlanjutan dan identitas komunitas

Tabel 5 Alasan Strategis Pengembangan Hunian Hijau Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK)

Alasan	Penjelasan
Ketersediaan bahan baku lokal	Komunitas tinggal dekat sumber HHBK seperti bambu, rotan, damar, dll.
Efisiensi biaya dan transportasi	Mengurangi ketergantungan pada rantai distribusi panjang
Kemandirian ekonomi desa	Unit produksi menjadi sumber penghasilan dan keterampilan baru
Ketahanan pasokan material	Mengurangi risiko kelangkaan bahan dan ketergantungan pada pihak luar
Pelestarian lingkungan dan budaya	Produksi dilakukan dengan prinsip kelestarian dan nilai-nilai lokal

Bentuk-Bentuk Unit Produksi

1. Kelompok Usaha Bersama (KUB) atau Koperasi
 - Dikelola oleh warga desa atau kelompok tani hutan
 - Memiliki struktur organisasi dan sistem distribusi sederhana

2. Unit Usaha Binaan (oleh LSM, pemerintah, atau kampus)

- Memanfaatkan teknologi dan pelatihan dari mitra eksternal
- Fokus pada transfer teknologi, inovasi, dan pendampingan

3. UMKM Mandiri Berbasis Keluarga

- Skala kecil namun fleksibel, biasanya berfokus pada satu jenis produk
- Cocok untuk wilayah terpencil dan minim akses infrastruktur

Nilai Tambah Sosial dan Ekologis

- Mendorong inklusi perempuan dan pemuda dalam proses produksi
- Mengintegrasikan pengelolaan hutan lestari dan konservasi HHBK
- Meningkatkan kesadaran lingkungan dan pengetahuan teknis masyarakat
- Membangun jejaring antarwilayah melalui pertukaran produk dan informasi

Unit produksi bahan bangunan berbasis komunitas adalah jembatan antara keberlanjutan lingkungan dan keadilan sosial-ekonomi. Dengan memanfaatkan potensi HHBK secara bijak dan melibatkan masyarakat lokal, model ini dapat memperkuat ketahanan desa, memperluas akses terhadap hunian hijau, dan menjadi motor transformasi industri bahan bangunan yang lebih berkelanjutan.

4.2 Langkah Perencanaan Unit Produksi

Perencanaan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK perlu disusun secara sistematis agar mampu menghasilkan

produk yang efisien, berkualitas, dan berkelanjutan. Tahapan ini mencakup analisis lokasi, kebutuhan sumber daya manusia (SDM), serta sarana pendukung seperti peralatan dan infrastruktur.

Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi sangat menentukan keberhasilan operasional unit produksi. Lokasi ideal perlu mempertimbangkan:

- Kedekatan dengan sumber bahan baku (HHBK): Untuk menekan biaya logistik dan menjamin kontinuitas pasokan (misalnya: bambu, rotan, damar).
- Aksesibilitas ke pasar atau konsumen: Lokasi strategis memudahkan distribusi hasil produksi ke proyek pembangunan lokal atau regional.
- Ketersediaan lahan: Lahan yang cukup untuk area produksi, penyimpanan bahan baku, dan ruang kerja komunitas.
- Aspek lingkungan: Lokasi tidak berada di kawasan lindung atau berisiko tinggi (banjir, longsor, dll.).
- Dukungan sosial: Komunitas lokal mendukung dan bersedia terlibat aktif dalam kegiatan produksi.

Di wilayah seperti Sulawesi Selatan, desa-desa sekitar kawasan hutan rakyat, hutan adat, atau hutan kemasyarakatan berpotensi menjadi lokasi ideal.

Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)

SDM merupakan faktor kunci dalam kelangsungan dan kualitas produksi. Kebutuhan SDM perlu dirancang dengan memperhatikan:

- Struktur tim:
 - Pengelola unit/koordinator

- Tenaga teknis (pengolah bahan, pengrajin, operator mesin)
- Tenaga administrasi dan pemasaran
- Pelatihan dan peningkatan kapasitas:
 - Teknik pengolahan HHBK
 - Keselamatan kerja dan penggunaan alat
 - Standarisasi produk dan manajemen mutu
- Inklusi sosial:
 - Melibatkan perempuan, pemuda, dan kelompok rentan
 - Mendorong partisipasi lintas generasi

Contoh praktik baik: Pelatihan pengawetan bambu di Maros yang melibatkan ibu rumah tangga sebagai tenaga kerja rumahan.

Peralatan dan Infrastruktur

Unit produksi membutuhkan peralatan yang sesuai dengan skala dan jenis produk yang dihasilkan. Pilihan peralatan harus mempertimbangkan efisiensi, kemudahan penggunaan, dan ketersediaan layanan perawatan.

- Peralatan dasar:
 - Gergaji, mesin pemotong bambu/rotan, alat pres, oven pengering
 - Tangki perendaman bahan baku (untuk pengawetan)
 - Cetakan panel atau blok komposit (jika diperlukan)
- Peralatan pendukung:
 - Timbangan, alat ukur kelembaban, meja kerja, rak penyimpanan
- Infrastruktur minimum:
 - Bangunan produksi semi-terbuka
 - Gudang bahan baku dan hasil produksi

- Saluran air bersih dan listrik
- Area pelatihan dan ruang pertemuan komunitas

Teknologi tepat guna sangat dianjurkan: peralatan yang bisa dibuat atau dimodifikasi secara lokal, mudah diperbaiki, dan hemat energi.

Langkah perencanaan unit produksi perlu dirancang secara inklusif dan realistis, disesuaikan dengan potensi dan kondisi komunitas setempat. Dengan perencanaan yang matang, unit produksi berbasis komunitas dapat menjadi pusat pengolahan HHBK yang efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Pembuatan Panel atau Lembaran dari Rotan

Rotan umumnya digunakan sebagai elemen struktural atau dekoratif, tetapi juga dapat diolah menjadi panel untuk dinding dan plafon.

Langkah-langkah pengolahan:

1. Pembersihan dan pengupasan kulit rotan
2. Pemotongan dan pemanasan: rotan dikukus atau direndam air panas agar lentur dan mudah dibentuk.
3. Anyaman atau penyusunan rotan pipih: disusun secara horizontal/vertikal di atas cetakan atau rangka.
4. Pengepresan dan pengeringan: panel ditekan menggunakan alat *press* manual/semi otomatis untuk kerapatan. Dijemur di bawah sinar matahari atau dalam oven.

Variasi produk:

- Panel anyaman rotan kombinasi bambu
- Lembaran dinding interior

- Panel akustik atau pelapis langit-langit

Keunggulan: Estetika alami, ringan, fleksibel, dan memiliki nilai jual tinggi.

Pengolahan Serat dan Damar

Serat alam seperti ijuk, sabut kelapa, pelepah pisang, dan daun pandan dapat diolah menjadi pelapis dinding, papan komposit, atau insulasi.

Tahapan umum pengolahan serat:

- Ekstraksi dan pembersihan serat
- Pengeringan untuk mengurangi kadar air (ideal: <15%)
- Pencampuran dengan perekat alami atau resin damar
- Pengepresan dalam cetakan membentuk papan, blok, atau lembaran
- Pengeringan akhir untuk menguatkan ikatan

Damar dan getah-getahan dapat dimanfaatkan sebagai:

- Bahan perekat alami untuk panel komposit
- Lapisan pelindung kayu atau bambu (*waterproofing* alami)
- Bahan campuran dalam cat atau pelapis dinding

Pembuatan Zephyr Bambu

Zephyr bambu adalah teknik pengolahan bambu menjadi papan lebar melalui proses penghancuran struktural (*flattening*) batang bambu, lalu disusun dan direkatkan untuk membentuk lembaran datar dan kuat. Ini merupakan inovasi penting dalam substitusi kayu lapis atau papan MDF.

Langkah-langkah utama:

1. Pemilahan dan pemotongan bambu

Gunakan bambu yang sudah diawetkan dan dikeringkan (bambu parring, tallang, atau awo cocok digunakan). Bambu dipotong panjang sesuai ukuran lembaran yang diinginkan.

2. Penghancuran struktur silinder bambu

Bambu dibelah dan ditekan atau digilas hingga bentuk silindernya berubah menjadi bentuk lembaran pipih. Dapat menggunakan roller press, palu datar, atau alat sederhana dari baja.

3. Perekat dan penyusunan

Lembaran pipih diolesi lem sintetik ramah lingkungan atau perekat alami (getah damar). Disusun saling melapisi (*cross-laminated*) untuk kekuatan struktural.

4. Pengepresan dan pengeringan

Lembaran yang telah direkatkan dimasukkan ke dalam alat press datar, lalu dikeringkan di udara terbuka atau oven.

5. Finishing dan pemotongan

Papan dikikir, dipotong, atau diampelas untuk presisi ukuran. Dapat dilapisi pelindung tambahan dari damar atau lilin alami.

Kelebihan Zephyr Bambu

- Permukaan datar, kuat, dan seragam
- Ringan namun kokoh, ideal untuk lantai, dinding, atau panel furnitur
- Memaksimalkan penggunaan bambu kecil atau tidak lurus
- Dapat dibuat dengan alat sederhana di unit produksi komunitas

Teknologi *zephyr bamboo* telah mulai diuji di beberapa pusat inovasi bambu di Sulawesi Selatan, Jawa Barat dan NTT, dan sangat potensial diterapkan di Sulawesi Selatan karena ketersediaan spesies bambu lokal.



Gambar 13 Penghancuran struktur silinder bambu

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016. Penulis sebagai Anggota Tim Peneliti BPTPT Makassar, 2010–2017)



Gambar 14 Pelaburan Perekat pada Lembaran Bambu

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016. Penulis sebagai Anggota Tim Peneliti BPTPT Makassar, 2010–2017)

Inovasi teknik seperti pengawetan, pembuatan panel, dan zephyr bambu memungkinkan HHBK menjadi material bangunan yang tahan lama, estetik, dan berdaya saing tinggi. Diterapkannya teknik-teknik ini di tingkat komunitas dapat menjadi fondasi bagi industri hijau berbasis lokal yang mendukung pembangunan hunian ramah lingkungan secara berkelanjutan.



Gambar 15 Produk Zhepyr dari Bambu

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016. Penulis sebagai Anggota Tim Peneliti BPTPT Makassar, 2010–2017)

4.4 Sistem Manajemen Mutu dan Standarisasi Produk

Keberhasilan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan bahan dan teknologi, tetapi juga oleh konsistensi mutu dan kepatuhan terhadap standar produk. Sistem manajemen mutu (*quality management system/QMS*) yang baik akan menjamin daya saing produk di pasar, keamanan dalam penggunaannya, dan kepercayaan konsumen.

Pentingnya Manajemen Mutu

Manajemen mutu diperlukan untuk:

- Menjaga kualitas dan daya tahan produk

Misalnya, memastikan bambu telah diawetkan dengan benar agar tahan hama dan tidak melengkung.

- Memastikan efisiensi produksi

Mengurangi limbah bahan, waktu produksi, dan kesalahan kerja.

- Meningkatkan kepercayaan pasar

Produk yang konsisten dan sesuai standar akan lebih mudah masuk pasar proyek pemerintah atau swasta.

- Mendukung sertifikasi dan legalitas produk

Termasuk label "ramah lingkungan", TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri), atau SNI (Standar Nasional Indonesia).

Komponen Sistem Manajemen Mutu

Beberapa komponen penting yang dapat diterapkan secara bertahap:

1. Standar Operasional Prosedur (SOP)

Dibuat untuk setiap tahapan produksi: pengolahan bambu, pengepresan panel, pengeringan, pengemasan. Contoh: SOP “Pengeringan Bambu \leq 15% kadar air sebelum pemrosesan lanjut”.

2. Pengawasan mutu bahan baku

Pemeriksaan bambu, rotan, damar, dan serat sebelum diolah (umur, kadar air, kondisi fisik). Penolakan bahan yang tidak sesuai standar.

3. Kontrol mutu selama proses produksi

Pengukuran dimensi panel, kepadatan serat, tingkat pengeringan. Inspeksi visual terhadap retakan, jamur, atau kerusakan.

4. Pencatatan dan pelaporan

Setiap batch produksi dicatat: bahan yang digunakan, tanggal produksi, hasil uji mutu. Dokumentasi ini berguna untuk evaluasi dan audit mutu.

5. Umpan balik pelanggan dan evaluasi periodik

Mengumpulkan masukan pengguna untuk perbaikan berkelanjutan. Review internal setiap bulan atau kuartal.

Standarisasi Produk Bambu

Produk berbasis HHBK belum seluruhnya tercakup dalam SNI, namun beberapa acuan teknis sudah tersedia atau dapat diadaptasi dari:

- **SNI 8020:2014 – Kegunaan Bambu**

Menetapkan definisi batang bambu, mencakup bentuk batang yang tegak, merambat, atau menyebar, hasil dari perkembangan rebung. Standar ini menjadi acuan resmi penggunaan bambu dalam industri dan perdagangan di Indonesia.

- **SNI 7944:2014 – Bambu Lamina Penggunaan Umum**

Mengatur klasifikasi, persyaratan mutu, ukuran, metode pengambilan contoh, hingga prosedur pengujian bambu lamina yang diperuntukkan bagi penggunaan umum. Standar ini disusun berdasarkan kajian teknis dan telah disepakati oleh para pemangku kepentingan di bidang hasil hutan.

- **SNI 01-4033:1996 – Rebung Bambu dalam Kaleng**

Menetapkan standar mutu dan prosedur untuk produk rebung bambu dalam kaleng. Standar ini mencakup parameter mikrobiologis dan batasan keamanan pangan untuk memastikan produk layak konsumsi dan aman bagi masyarakat.

- **SNI 7555.22:2011 – Furnitur: Bagian 22 – Kursi Tamu – Bambu**

Mengatur spesifikasi teknis untuk kursi tamu berbahan bambu, mulai dari dimensi, material, hingga metode pengujian struktural dan fungsionalitas. Standar ini memastikan produk memenuhi kriteria kekuatan, kenyamanan, dan estetika.

Tabel 6 Ruang Lingkup Utama SNI terkait Bambu

Nomor & Tahun	Judul Standar	Ruang Lingkup Utama
SNI 8020:2014	Kegunaan Bambu	Definisi batang bambu untuk keperluan industri dan perdagangan
SNI 7944:2014	Bambu Lamina Penggunaan Umum	Klasifikasi, mutu, dan pengujian bambu lamina untuk penggunaan umum
SNI 01-4033:1996	Rebung Bambu dalam Kaleng	Standar mutu dan keamanan pangan untuk rebung kalengan
SNI 7555.22:2011	Furnitur – Bagian 22: Kursi Tamu – Bambu	Spesifikasi teknis dan pengujian kursi tamu berbahan bambu

- **ISO 22156:2004 – Bamboo: Design Structure**

Standar ini mengatur perencanaan dan desain struktur bangunan yang menggunakan bambu dalam berbagai bentuk, termasuk bambu bulat, bilah, laminasi, maupun bambu yang dirangkai dengan sambungan perekat dan sambungan mekanik. Pendekatan yang digunakan adalah *limit state design* dengan mempertimbangkan tampilan atau estetika struktur. Fokusnya meliputi ketahanan mekanik, pemanfaatan, dan keawetan struktur. Meskipun demikian, konstruksi yang melibatkan material komposit juga

dapat dimasukkan dalam penerapan standar ini jika diperlukan. Selain itu, ISO 22156 menekankan pentingnya pengendalian mutu, baik dalam proses pelaksanaan konstruksi di lapangan, pembuatan komponen di pabrik, maupun pemasangan, dengan tujuan menjaga kualitas produk akhir dan keselamatan pekerja.

- **ISO 22157-1:2004(E) – Bamboo: *Determination of Physical and Mechanical Properties***

Kedua dokumen ini saling melengkapi dalam penentuan sifat fisik dan mekanis bambu. Bagian 1 memuat metode pengujian untuk mengevaluasi karakteristik seperti kadar air, kerapatan, penyusutan, kekuatan tekan, lentur, geser, dan tarik. Bagian 2 berupa laporan teknis yang memberikan panduan praktis bagi staf laboratorium tentang cara melaksanakan pengujian sesuai prosedur di Bagian 1. Standar ini bertujuan memperoleh data spesifik dari spesimen bambu yang nantinya digunakan untuk menentukan karakteristik kekuatan bahan dan menetapkan tegangan izin yang aman digunakan dalam desain struktur bambu

- **ISO 9001:2015 – Sistem Manajemen Mutu**

ISO 9001:2015 adalah standar internasional yang memberikan panduan dan persyaratan untuk membangun, menerapkan, memelihara, dan meningkatkan sistem manajemen mutu di suatu organisasi. Tujuannya adalah memastikan organisasi mampu secara konsisten menyediakan produk atau layanan yang memenuhi kebutuhan pelanggan dan peraturan yang berlaku. Standar ini mengedepankan prinsip manajemen mutu seperti fokus pada

pelanggan, kepemimpinan yang kuat, keterlibatan semua personel, pendekatan berbasis proses, peningkatan berkelanjutan, pengambilan keputusan berbasis bukti, dan manajemen hubungan dengan pihak terkait. Versi 2015 menambahkan pendekatan *risk-based thinking*, yang mendorong organisasi mengidentifikasi, mengelola, dan meminimalkan risiko sejak awal. Dalam penerapannya pada industri bambu, ISO 9001:2015 dapat membantu memastikan kualitas terjaga dari tahap bahan baku hingga produk akhir, meningkatkan kepercayaan konsumen, memperluas akses pasar, dan memperkuat daya saing di pasar global.

- Pedoman teknis dari LIPI, Kementerian LHK, dan PUPR mengenai pemanfaatan bahan alami

Berbagai lembaga di Indonesia telah mengeluarkan pedoman teknis untuk mendorong pemanfaatan bambu secara optimal, berkelanjutan, dan aman digunakan dalam konstruksi maupun industri kreatif.

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) berfokus pada riset dan pengembangan teknologi bambu, termasuk metode pengawetan, pengujian sifat mekanik, serta teknik pengolahan modern untuk meningkatkan daya tahan dan nilai tambah. LIPI juga menyediakan panduan berbasis hasil penelitian yang dapat diadopsi oleh pelaku industri maupun komunitas.

Kementerian Kehutanan (Kemenhut) mengeluarkan pedoman terkait pengelolaan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) seperti bambu, yang mencakup aspek budidaya, panen lestari, serta pelestarian sumber daya bambu agar tidak merusak ekosistem. Pedoman ini

menekankan prinsip kelestarian, pemberdayaan masyarakat, dan peningkatan ekonomi desa berbasis bambu.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) memiliki panduan teknis penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi, termasuk persyaratan desain, kekuatan struktural, metode sambungan, dan standar keamanan. PUPR juga memberikan rekomendasi untuk penggunaan bambu pada bangunan tahan gempa, hunian sementara pasca-bencana, dan konstruksi ramah lingkungan.

Dengan sinergi pedoman dari ketiga lembaga ini, bambu tidak hanya dilihat sebagai material tradisional, tetapi juga sebagai solusi modern yang memenuhi aspek teknis, ekonomi, dan keberlanjutan lingkungan

Standar yang dapat dikembangkan secara lokal:

- Ukuran panel standar (mis. 1,2 m x 2,4 m)
- Ketebalan dan kekuatan lentur minimum
- Daya tahan terhadap air dan serangga
- Finishing ramah lingkungan (tanpa bahan toksik)

Strategi Penerapan di Tingkat Komunitas

Mengembangkan sistem mutu di komunitas perlu pendekatan bertahap dan inklusif:

- Pelatihan rutin: Untuk operator, pengawas mutu, dan pengelola unit produksi.
- Pendampingan teknis: Oleh universitas, LSM, atau instansi teknis daerah.
- Pembuatan manual mutu sederhana: Dalam bahasa lokal jika perlu, dengan gambar atau diagram proses.

- Kolaborasi antar-unit: Untuk saling berbagi standar, alat uji, atau tenaga teknis.

Penerapan sistem manajemen mutu dan standarisasi produk akan meningkatkan kualitas dan keberterimaan bahan bangunan berbasis HHBK di pasar yang lebih luas. Pendekatan berbasis komunitas tetap memungkinkan untuk mengembangkan sistem mutu yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

BAB 5. TEKNOLOGI SEDERHANA DAN INOVASI LOKAL

5.1 Prinsip Teknologi Tepat Guna

Dalam konteks pembangunan hunian hijau berbasis bahan lokal, penerapan teknologi tepat guna (TTG) merupakan fondasi penting untuk memastikan bahwa proses produksi bahan bangunan dari HHBK dapat dilakukan secara efisien, terjangkau, dan berkelanjutan. Teknologi tepat guna bukan hanya soal mesin sederhana, melainkan tentang kecocokan antara teknologi dan kebutuhan lokal.

Pengertian Teknologi Tepat Guna

Teknologi tepat guna adalah teknologi yang:

- Sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat
- Dapat diterapkan dan dipelihara secara mandiri oleh komunitas
- Ramah lingkungan dan hemat energi
- Mendorong kemandirian lokal dan partisipasi masyarakat

Dalam konteks HHBK, TTG memungkinkan masyarakat mengolah bahan seperti bambu, rotan, atau serat alam menggunakan alat dan metode yang tidak bergantung pada sistem industri besar.

Karakteristik Teknologi Tepat Guna

Teknologi yang digunakan dalam pengolahan bahan bangunan lokal idealnya memenuhi beberapa kriteria berikut:

- Sederhana dan mudah dipahami
Bisa dirakit atau diperbaiki oleh tukang lokal.
- Murah dan berbahan lokal
Menggunakan bahan yang tersedia di sekitar, seperti kayu, besi bekas, atau komponen motor sederhana.
- Skalabel
Dapat digunakan oleh individu, kelompok kecil, hingga UMKM.
- Ramah lingkungan
Mengurangi limbah dan emisi, serta hemat energi.
- Fleksibel
Dapat dimodifikasi sesuai jenis bahan (bambu, rotan, damar) dan kebutuhan produk akhir.

Contoh Aplikasi dalam Pengolahan HHBK

- Alat press manual untuk *zephyr* bambu
- Pisau pemecah rotan dan pemotong serat alami
- Tangki pengawet bambu berbahan drum bekas
- Oven pengering sederhana bertenaga surya atau biomassa
- Cetakan panel dari besi lokal

Alat-alat ini dapat dirancang ulang bersama komunitas pengrajin dan teknisi lokal, serta disempurnakan dengan masukan lapangan.

Pendekatan Pengembangan Teknologi di Komunitas

Agar teknologi tepat guna benar-benar digunakan dan dikembangkan, pendekatan partisipatif diperlukan:

- Identifikasi kebutuhan langsung pengguna (*user-driven*)
- Kolaborasi dengan teknisi lokal dan pengrajin
- Uji coba terbuka dan evaluasi bersama
- Dokumentasi dan pelatihan berkelanjutan
- Integrasi dengan sistem produksi dan kelembagaan lokal (koperasi/UMKM)

Prinsip teknologi tepat guna menekankan keberdayaan komunitas dan keberlanjutan lingkungan dalam proses produksi bahan bangunan dari HHBK. Dengan teknologi yang sesuai konteks, masyarakat tidak hanya menjadi pengguna, tetapi juga inovator dan penjaga kemandirian lokal.

5.2 Alat dan Mesin yang Sesuai untuk Kapasitas Lokal

Pemilihan alat dan mesin sangat memengaruhi keberlanjutan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK. Karena sebagian besar inisiatif dilakukan di tingkat komunitas atau desa, maka alat yang digunakan harus disesuaikan dengan kapasitas lokal, baik dari sisi teknis, ekonomi, maupun kemampuan perawatan.

Prinsip Pemilihan Alat dan Mesin

Agar efektif dan dapat dioperasikan secara mandiri, alat dan mesin harus memenuhi beberapa prinsip berikut:

- Biaya terjangkau: Dapat dibeli, dibuat, atau dimodifikasi dengan dana terbatas.
- Sumber energi lokal: Dapat menggunakan tenaga manusia, listrik rumah tangga, atau bahan bakar biomassa.

- Mudah dioperasikan dan dirawat: Tidak memerlukan tenaga teknis khusus atau suku cadang impor.
- Adaptif terhadap bahan lokal: Cocok untuk pengolahan bambu, rotan, damar, dan serat alam yang tersedia di wilayah setempat.
- Skalabel: Dapat ditingkatkan kapasitasnya seiring pertumbuhan produksi.

Jenis Alat dan Mesin Utama

Berikut beberapa jenis alat dan mesin yang umum dan relevan dalam pengolahan HHBK menjadi bahan bangunan:

a). Untuk Pengolahan Bambu

- Pisau belah bambu manual
Untuk membelah batang bambu menjadi beberapa bagian dengan cepat dan presisi.
- Tangki rendam/pengawetan bambu
Drum atau tabung besi untuk merendam bambu dalam larutan pengawet (alami atau boraks).
- Mesin serut bambu
Digerakkan motor listrik atau engkol tangan, untuk menghaluskan permukaan bambu.
- Alat press panel atau zephyr bambu
Press datar berbahan besi atau hidrolik sederhana untuk membentuk panel lembaran dari bambu pipih.

b). Untuk Pengolahan Rotan dan Serat Alam

- Pisau pemotong rotan dan pemisah kulit
Alat sederhana untuk mengupas dan memotong rotan menjadi bagian siap anyam atau panel.
- Alat pencacah serat (sabut, ijuk, daun)
Digunakan untuk mempersiapkan bahan komposit atau anyaman pelapis dinding.

- Cetakan panel serat alami
Bingkai besi atau kayu untuk memadatkan campuran serat dan perekat menjadi bentuk panel.

c). Untuk Proses *Finishing* dan Pengeringan

- Oven pengering sederhana
Berbasis tenaga surya atau biomassa, digunakan untuk menurunkan kadar air panel/bambu.
- Tangki atau alat semprot pelapis damar
Untuk pelapisan akhir yang melindungi material dari cuaca dan serangga.
- Alat amplas dan pemotong tepi
Disesuaikan untuk penyelesaian akhir produk agar rapi dan siap dipasang.

Contoh Teknologi Lokal yang Telah Diadopsi

- Mesin serut bambu manual
Dirancang oleh bengkel lokal, mengandalkan putaran roda sepeda motor bekas.
- Oven pengering tenaga surya
Dilengkapi kaca dan reflektor sederhana, cocok untuk mengeringkan panel bambu.
- Cetakan modular panel HHBK
Didesain untuk mencetak panel serat dengan ukuran standar 60x60 cm.

Strategi Pengembangan Teknologi di Tingkat Lokal

- Kemitraan dengan bengkel rakyat dan SMK Teknik
Untuk merakit, memodifikasi, atau merawat alat produksi.
- Pembuatan prototipe berbasis kebutuhan lokal
Diuji bersama kelompok produsen dan disempurnakan sesuai umpan balik lapangan.
- Pusat pelatihan teknologi desa
Untuk mengajarkan perakitan, pemakaian, dan perawatan alat secara berkelanjutan.

Alat dan mesin yang tepat bukan yang paling canggih, tetapi yang paling sesuai dengan kapasitas lokal. Kombinasi antara desain sederhana, bahan lokal, dan keterampilan komunitas akan memperkuat keberlangsungan unit produksi HHBK sebagai tulang punggung pembangunan hunian hijau.

5.3 Inovasi Produk dari HHBK

Inovasi produk merupakan elemen penting dalam meningkatkan nilai tambah hasil hutan bukan kayu (HHBK) sebagai bahan bangunan. Melalui pendekatan teknologi sederhana namun strategis, HHBK dapat diolah menjadi bentuk-bentuk baru yang lebih tahan lama, praktis, dan adaptif terhadap kebutuhan konstruksi masa kini, seperti komposit, *pressed board*, serta modular panel dan material prefabrikasi.

Komposit dan Pressed Board

Komposit adalah material buatan yang menggabungkan dua atau lebih bahan dasar dengan sifat fisik dan kimia berbeda untuk membentuk produk yang lebih kuat, ringan, atau tahan lama. Dalam konteks HHBK, komposit dapat berbasis serat alami (seperti sabut kelapa, daun pandan, bambu pipih) yang dicampur dengan perekat alami atau semi-alami.

Pressed board, atau papan tekan, merupakan salah satu bentuk komposit padat yang dicetak dengan tekanan tinggi dan biasanya menggunakan perekat. Inovasi ini memungkinkan pemanfaatan limbah HHBK seperti:

- Serat bambu, ijuk, dan rotan halus
- Serbuk gergaji dari bambu atau rotan
- Campuran damar dan serat untuk pelapis anti-air

Karakteristik dan keunggulan:

- Ringan namun kokoh
- Mudah dibentuk dan dipotong
- Dapat diproduksi dalam ukuran dan ketebalan seragam
- Ramah lingkungan jika menggunakan perekat alami (misal: damar, pati, lateks)

Contoh aplikasi:

- Dinding interior rumah bambu
- Panel langit-langit alternatif tripleks
- Lantai ringan untuk rumah semi permanen

Modular Panel dan Material Prefabrikasi

Modular panel merujuk pada elemen bangunan yang sudah dibuat dalam ukuran dan bentuk tertentu, siap pasang di lokasi konstruksi. Inovasi ini sangat cocok untuk hunian hijau karena:

- Menghemat waktu dan tenaga konstruksi
- Memungkinkan standarisasi produk komunitas
- Mendukung model hunian bongkar pasang (*reusable housing*)

Material prefabrikasi berbasis HHBK dapat berupa:

- Panel bambu pipih berlapis damar untuk dinding luar
- Lembaran rotan rangkap untuk partisi dalam rumah
- *Sandwich panel* berbasis serat dan bambu, berisi isolasi alami seperti sabut atau sekam padi

Keunggulan modular/prefabrikasi HHBK:

- Cepat dirakit dan dibongkar
- Ringan, cocok untuk daerah rawan gempa
- Potensi ekspor tinggi untuk proyek perumahan berkelanjutan

Inisiatif lokal inspiratif:

- Panel rumah darurat berbasis *zephyr* bambu
- Panel komposit sabut dan damar untuk hunian wisata alam
- *Prefab* rumah anyaman rotan modular

Inovasi berbasis HHBK membuka peluang besar untuk menghasilkan bahan bangunan ramah lingkungan yang tidak kalah bersaing dari material industri. Dengan pendekatan komposit, pressed board, serta modular panel, HHBK mampu menjawab tantangan teknis dan ekologis dalam pembangunan hunian hijau yang cepat, murah, dan lokal.

BAB 6. PENGEMBANGAN UNIT PRODUKSI BAMBUR ZHEPYR UNTUK BAHAN BANGUNAN

6.1. Perencanaan Unit Produksi Zhepyr

Tahap perencanaan bisnis ini mencakup penyusunan berbagai rencana terkait operasional bisnis ke depan. Rencana tersebut meliputi alokasi sumber daya, fokus pada faktor-faktor kunci keberhasilan, serta penanganan terhadap permasalahan dan pemanfaatan peluang yang ada.

Dalam tahap ini, dilakukan pula analisis terhadap beberapa aspek penting, yaitu:

- Aspek pasar dan pemasaran
- Aspek teknis dan teknologi
- Aspek manajemen
- Aspek finansial
- Aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan

Salah satu komponen penting dalam perencanaan ini adalah analisis biaya produksi masing-masing produk berbahan bambu, guna menentukan biaya variabel yang dibutuhkan. Informasi ini berguna untuk menghitung kelayakan ekonomi dari unit usaha yang akan dibangun.

Produk utama dari unit produksi ini adalah:

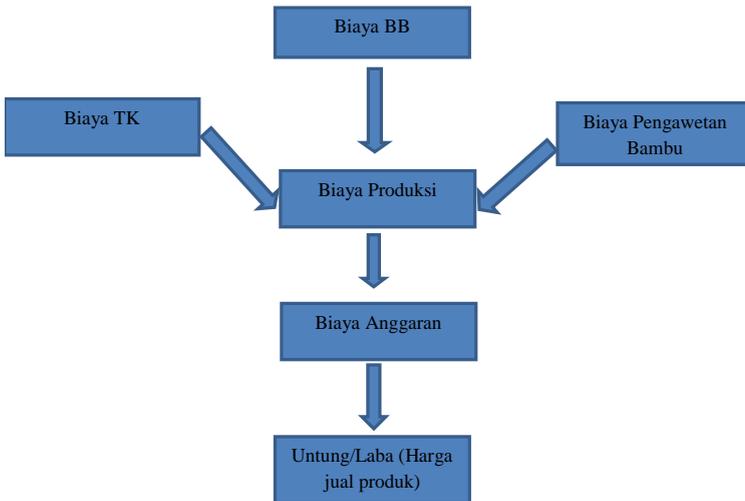
- Papan Zhepyr dua lapis dengan ukuran 300 cm × 25 cm × 2 cm
- Papan Zhepyr tiga lapis dengan ukuran 300 cm × 25 cm × 3 cm

Komponen biaya dari kedua jenis produk tersebut pada dasarnya serupa jika dihitung berdasarkan satuan volume produksi (per kubikasi). Namun, dalam analisis kelayakan finansial ini, perhitungan difokuskan pada produk papan *Zhepyr* dua lapis dengan ukuran 300 cm × 25 cm × 2 cm.

Tabel 7 Deskripsi Unit Industri Yang Direncanakan

Jenis Produksi	:	Papan Zhepyr 300 cm x 25 cm x 2 cm	
Volume 1 papan zhepyr	:	0.015	m ³
Jumlah Lembar Zhepyr dalam 1 m ³	:	67	Lembar
Ukuran Bambu yang diawetkan	:		
-Diameter	:	8-12	cm
-Panjang	:	600	cm
Jumlah Batang bambu yang dibutuhkan 1 papan	:	1	batang
Kemampuan Produksi Pengawetan Per Hari	:	40	batang
Produksi Papan Per Hari	:	40	lembar
Kapasitas Produksi Per Hari	:	0.6	m ³
Jumlah Hari Kerja	:	25	hari
Kapasitas Produksi Per Bulan	:	15	m ³

Berikut ini gambar skema biaya produksi:



Gambar 16 Skema Biaya Produksi

6.2. Desain Unit Produksi

Proses perancangan unit produksi dilakukan oleh tim kegiatan dengan dukungan masukan serta pengawasan dari tim teknis. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa unit produksi yang dibangun sesuai dengan kebutuhan operasional dan standar teknis yang ditetapkan.

Hasil dari proses perancangan ini meliputi:

- Gambar teknis (*Detailed Engineering Design*) yang menggambarkan secara rinci tata letak, dimensi, dan konstruksi unit produksi.
- Spesifikasi peralatan, yang mencakup jenis, kapasitas, dan karakteristik teknis dari seluruh peralatan yang akan digunakan dalam proses produksi.

Desain ini menjadi acuan utama dalam pembangunan fisik unit produksi serta dalam pengadaan peralatan, sehingga mendukung kelancaran operasional dan efisiensi produksi papan Zhepyr.

6.3. Analisis Biaya Unit Produksi Zhepyr

Berdasarkan hasil analisis terhadap komponen biaya bahan baku dan proses produksi maka untuk produksi papan zhepyr per hari sebanyak 40 lembar maka (0.6 m³/hari) maka biaya yang dikeluarkan sebagai berikut:

A. Biaya Tetap

Tabel 8 Prakiraan Biaya Tetap

No.	Komponen Biaya Tetap	Biaya Satuan	Jumlah	Total Biaya
1	Bangunan Sipil	75,000,000.00	1	75,000,000.00
2	Kompressor	5,950,000.00	2	11,900,000.00
3	Boucheri	19,100,000.00	2	38,200,000.00
4	Crusher	112,300,000.00	1	112,300,000.00
5	Press	107,000,000.00	1	107,000,000.00
6	Tanur	102,500,000.00	1	102,500,000.00
7	Genset	25,000,000.00	1	25,000,000.00
8	Tenaga Kerja Konstruksi	24,000,000.00	1	24,000,000.00
9	Jumlah			495,900,000.00

Berdasarkan hasil analisis jumlah biaya tetap yang dikeluarkan untuk unit produksi dengan kapasitas produksi 15 m³ per bulan adalah Rp. 495,900,000,-

B. Biaya Variabel

a. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku papan zhpyer ukuran 300 cm x 25 cm x 2 cm

1. Bambu = Rp. 10,000 per batang (40 batang)
2. Lem Koyobon = Rp. 40,000 per kilogram (6 Kg)

- 3. Boron cair = Rp. 35,000 per liter (3 liter)
- 4. Polytur = Rp. 50,000 per liter (2.5 liter)
- 5. Thinner = Rp. 14,000 per liter (2.2 liter)
- 6. Pewarna Polytur = Rp. 2,000 per bungkus (3.2)
- 7. Amplas = Rp. 15,000 per meter (0.7 meter)
- Total = Rp. 917,700

Tabel 9 Biaya Bahan Baku Produksi Per Hari (40 lembar papan)

No	Nama Bahan	Harga satuan bahan (Rp)	Banyaknya bahan yang digunakan		Jumlah Biaya (Rp)
1	Bambu	10000	40	Batang	400,000.00
2	Lem Koyobon	40000	6	Kg	240,000.00
3	Boron Cair	35000	3	Liter	105,000.00
4	Polytur	50000	2.5	Liter	125,000.00
5	Thinner	14000	2.2	Liter	30,800.00
6	Pewarna Polytur	2000	3.2	Bungkus	6,400.00
7	Amplas	15000	0.7	Meter	10,500.00
Total					917,700.00

b. Biaya Proses Produksi

- 1. Tenaga Kerja = Rp. 80,000 per orang (4 orang)
- 2. Bensin untuk kompresor = Rp. 7,500 per liter (1 liter)
- 3. Solar untuk Genset = Rp. 7,000 per liter (5 liter)
- Total = Rp. 602,500

Tabel 10 Biaya Proses Produksi Per Hari (40 lembar papan)

No	Nama Item	Harga satuan(Rp)	Banyaknya item yang digunakan		Jumlah biaya (Rp)
1	Tenaga Kerja	80000	7	Orang	560,000.00
2	Bensin untuk kompresor	7500	1	Liter	7,500.00
3	Solar untuk genset	7000	5	Liter	35,000.00
Total					602,500.00

Total Biaya Produksi 40 lembar = Rp. 917,700+ Rp. 602,500
= Rp. 1,520,200

Tabel 11 Total Biaya Bahan Baku dan Proses Produksi Per Hari (40 lembar papan)

No	Total Biaya Produksi	Jumlah Biaya (Rp)
1	Total biaya bahan baku	917,700.00
2	Total biaya proses produksi	602,500.00
	Total Biaya Produksi	1,520,200.00

Harga pokok produksi per lembar papan *zhephyr* = Rp. 1,520,200 / 40 = Rp. 38,005

Jadi harga pokok produksi per lembar papan *zhephyr* adalah Rp. 38,005

Tabel 12 Total Biaya Variabel Produksi Papan *Zhepyr* Per Lembar

No	Koponen Biaya Variabel	Jumlah Biaya (Rp)
1	Biaya variabel bahan baku	22,942.50
2	Biaya variabel proses produksi	15,062.50
	Total Biaya Variabel	38,005.00

Berdasarkan analisis biaya jumlah biaya variabel untuk satu lembar papan *zhephyr* dengan ukuran 300 cm x 25 cm x 2 cm (volume 0.015 m³) adalah Rp. 38,005 atau Rp 2,533,666.67 per m³ *zhephyr*. Jika unit produksi dapat menghasilkan 15 m³ per bulan maka biaya yang dikeluarkan adalah Rp 38,005,000/ bulan sehingga untuk satu tahun produksi dibutuhkan biaya sebesar Rp. 456,060,000.00

Unit produksi ini akan dikelola oleh kelompok tani melalui UMKM. Besarnya laba yang ditargetkan oleh UMKM adalah 30% dari harga pokok produksi. Oleh karena itu harga penjualan sebesar

$$\begin{aligned}
 \text{Harga penjualan} &= \text{Harga Pokok Produksi} + \text{Laba} \\
 &= \text{Harga Pokok Produksi} + (30\% \times \text{Harga Pokok Produksi}) \\
 &= \text{Rp. } 33, 38,005 + (30\% \times \text{Rp. } 38,005)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp. } 38,005 + \text{Rp. } 11,401.50 \\
 &= \text{Rp. } 49,406.50
 \end{aligned}$$

Jadi untuk satu lembar papan *zhelyr* dengan ukuran 300 cm x 25 cm x 2 cm (volume 0.015 m³) diperoleh penerimaan sebesar Rp. 49,406.50 atau Rp 3,293,766.67 per m³ *zhelyr*. Jika unit produksi dapat menghasilkan 15 m³ per bulan maka penerimaan yang diperoleh adalah Rp 49,406,500.00 / bulan sehingga untuk satu tahun produksi diperoleh penerimaan sebesar Rp. 592,878,000.00

6.4. Analisis Finansial (Kelayakan Usaha)

Analisis finansial adalah analisis dimana suatu proyek dilihat dari sudut badan-badan atau orang-orang yang menanam modalnya dalam proyek atau yang berkepentingan langsung dalam proyek. Dalam analisis finansial yang diperhatikan ialah hasil untuk modal saham (*equality capital*) yang ditanam dalam proyek yaitu hasil yang harus diterima oleh para petani, pengusaha, perusahaan swasta, suatu badan pemerintah, atau siapa saja yang berkepentingan dalam pembangunan proyek. Hasil finansial sering juga disebut "*private returns*" (Kadariah *et al.*, 1999). Cara menilai aspek finansial suatu proyek yang paling banyak diterima untuk penilaian proyek jangka panjang adalah dengan menggunakan *Discounted Cash Flow Analysis* (DCF) atau analisis aliran kas yang didiskonto. Tujuan menganalisis aspek keuangan dari suatu studi kelayakan proyek bisnis adalah untuk menentukan rencana investasi melalui perhitungan biaya dan manfaat yang diharapkan, dengan membandingkan antara pengeluaran dan pendapatan, seperti ketersediaan dana, biaya modal, kemampuan proyek untuk membayar kembali dana tersebut dalam waktu yang telah ditentukan dan menilai apakah proyek akan dapat berkembang terus.

Dalam analisis finansial terdapat kriteria kelayakan investasi. Dana yang diinvestasikan itu layak atau tidak akan diukur

melalui kriteria investasi itu. Kriteria tersebut antara lain *Net Present Value*, *Net Benefit Cost Ratio*, dan *Internal Rate of Return*. NPV merupakan selisih antara *present value* dari *benefit* dan *present value* dari biaya (Kadariah *et al.* 1999). Kriteria yang digunakan dalam menilai suatu proyek adalah bila NPV positif berarti menguntungkan dan NPV negatif menunjukkan kerugian (Soekartawi 1996). Jika $NPV > 0$ maka proyek tersebut dapat diterima. Jika $NPV = 0$ maka proyek tersebut mengembalikan persis sebesar *social opportunity cost of capital*. Jika $NPV < 0$, proyek ditolak artinya ada penggunaan lain yang lebih menguntungkan untuk sumber-sumber yang diperlukan proyek (Kadariah *et al.* 1999).

IRR adalah tingkat bunga yang menghasilkan NPV sama dengan nol. Besarnya tingkat bunga yang menjadikan $NPV = 0$ itulah yang disebut IRR dari suatu proyek. Kriteria untuk menetapkan kelayakan suatu proyek ialah bila IRR lebih besar dari tingkat bunga yang berlaku ($IRR > i$). Jika nilai IRR dari suatu proyek sama dengan nilai i yang berlaku sebagai *social discount rate*, maka NPV dari proyek itu adalah sebesar 0 artinya proyek dapat dilaksanakan. Jika $IRR < \text{social discount rate}$, berarti $NPV < 0$ maka proyek sebaiknya tidak dilaksanakan (Kadariah *et al.* 1999).

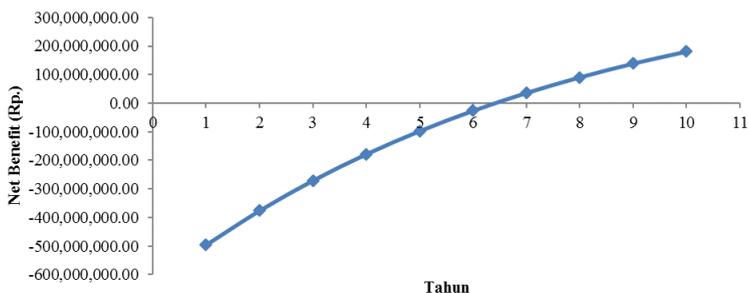
BCR adalah rasio manfaat terhadap biaya. Rasio ini diperoleh bila nilai sekarang arus manfaat dibagi dengan nilai sekarang arus biaya. Suatu proyek dapat dikatakan bermanfaat apabila nilai manfaat (B) lebih besar dari biaya (C) yang dikeluarkan. Kriteria yang dipakai untuk menyatakan suatu usaha tani memberikan manfaat kalau memiliki nilai $BCR > 1$. Menurut Kadariah *et al.* (1999), jika nilai $BCR > 1$ berarti $NPV > 0$ suatu proyek layak untuk dijalankan. Sedangkan jika $BCR < 1$ maka suatu proyek tidak layak untuk dijalankan. Analisis finansial unit produksi zhepyr dilakukan untuk melihat kelayakan investasi usaha unit produksi zhepyr. Dalam analisis finansial ini, tingkat suku bunga yang digunakan adalah 14% masa investasi lahan adalah 10 tahun.

Tabel 13 Analisis Cash Flow Unit Produksi Papan Zhepyr

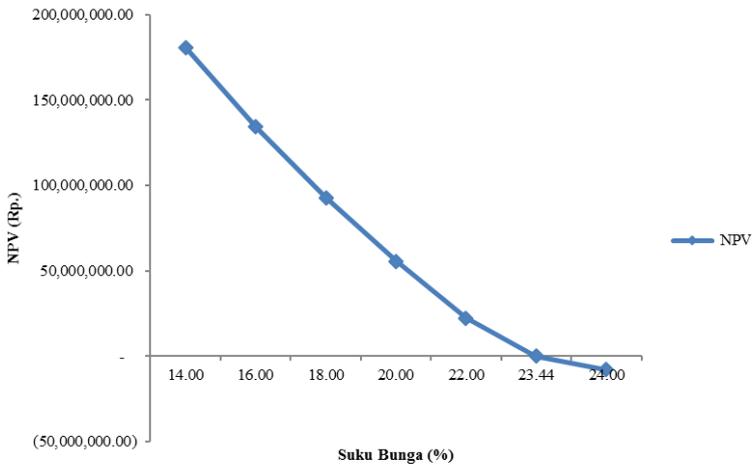
Tahun ke-	Penerimaan (Rp) (Bt)	Pengeluaran (Rp)	DF= $1/(1+i)^t$	Bt x DF	Ct x DF	Net Benefit (Rp)	Cumulative Net Benefit (Rp)
		(Ct)		(Rp)	(Rp)		
1	0.00	495.900.000,00	1.00	0.00	495.900.000,00	-495.900.000,00	-495.900.000,00
2	592.878,000	456.060.000,00	0.88	520.068,421.05	400.052,631.58	120.015,789.47	-375.884,210.53
3	592.878,000	456.060.000,00	0.77	456.200,369.34	350.923,361.03	105,277,008.31	-270,607,202.22
4	592.878,000	456.060.000,00	0.67	400,175,762.58	307,827,509.68	92,348,252.90	-178,258,949.31
5	592.878,000	456.060.000,00	0.59	351,031,370.69	270,024,131.30	81,007,239.39	-97,251,709.92
6	592.878,000	456.060.000,00	0.52	307,922,254.99	236,863,273.07	71,058,981.92	-26,192,728.00
7	592.878,000	456.060.000,00	0.46	270,107,241.22	207,774,800.94	62,332,440.28	36,139,712.28
8	592.878,000	456.060.000,00	0.40	236,936,176.51	182,258,597.31	54,677,579.19	90,817,291.47
9	592.878,000	456.060.000,00	0.35	207,838,751.32	159,875,962.56	47,962,788.77	138,780,080.24
10	592.878,000	456.060.000,00	0.31	182,314,694.14	140,242,072.42	42,072,621.73	180,852,701.96
Jumlah (Rp)				2,932,595,041.84	2,751,742,339.88	180,852,701.96	

Ket: suku bunga: 14%

Tabel 13 ini menunjukkan hasil analisis cash flow unit produksi papan zhepyr. Berdasarkan Tabel 13, dalam masa pengelolaan 10 tahun, investasi unit produksi papan zhepyr akan menghasilkan penerimaan sekitar Rp.2,932,595,041.84 dengan biaya sekitar Rp 2,751,742,339.88 dengan pendapatan sekitar Rp 180,852,701.96. Berdasarkan nilai kumulatif cash flow, pembangunan/investasi usaha unit produksi papan zhepyr akan mencapai kembali modal pada tahun ke-4 (Gambar 17).



Gambar 17 Pengembalian Modal Pada Pembangunan Investasi Unit Produksi Papan Zhepyr



Gambar 18 Nilai IRR dengan interpolasi Nilai NPV

Tabel 14 Analisis Finansial Unit Produksi Papan Zhepyr

No.	Kriteria Investasi	Kriteria Kelayakan	Analisis Finansial	Keputusan
1	Net Present Value (NPV)	> 0	180,852,701.96	Layak (<i>Feseable</i>)
2	Benefit Cost Ratio (BCR)	> 1	1.07	Layak (<i>Feseable</i>)
3	Internal Rate of Return (IRR)	$>$ Suku Bunga (14 %)	23.44	Layak (<i>Feseable</i>)

Tabel 14 menunjukkan analisis finansial unit produksi papan zhepyr. Berdasarkan Tabel diatas, besarnya nilai NPV, BCR dan IRR pembangunan unit produksi papan zhepyr adalah berturut-turut Rp. 180,852,701.96; 1.07 dan 23.44%. NPV positif sebesar Rp. 180,852,701.96 artinya pada suatu periode selama kurun waktu 10 tahun dapat memberikan keuntungan sebesar Rp.180,852,701.96. Nilai BCR yang diperoleh sebesar 1.07, ini berarti setiap pengeluaran Rp 1,- akan menghasilkan manfaat (*benefit*) sebesar Rp 1.07. Tingkat IRR pada pembangunan unit produksi papan zhepyr ini sebesar 23.44% (Gambar 18) lebih tinggi dari suku bunga yang digunakan (14%). Analisis ini dapat disimpulkan bahwa pembangunan unit produksi papan zhepyr berdasarkan

pendekatan harga pasar sebenarnya secara finansial menguntungkan dan layak diusahakan dengan tingkat pengembalian modal sebesar 23.44%. Berdasarkan cumulative net benefit diperoleh

Payback Period =

$$7 + \frac{|-26,192,728.00|}{62,332,440.28}$$

= 7.42 Tahun (Modal Kembali pada 7.42 Tahun)

Hasil perhitungan terhadap payback periode diperoleh sebesar 7.42 Tahun atau pada tahun ke 7 dan 5 bulan. Perhitungan *break even point* (titik impas) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BEP}_{\text{unit}} &= \text{TFC} / (P - \text{VC}) \\ &= 495,900,000.00 / (49,406.50 - 38,005.00) \\ &= 43,494 \text{ unit papan} \end{aligned}$$

Jadi BEP atau titik impas usaha tercapai pada produksi 43,494 unit papan zhepyr. Perhitungan BEP dilakukan tanpa mempertimbangan *discount rate*.

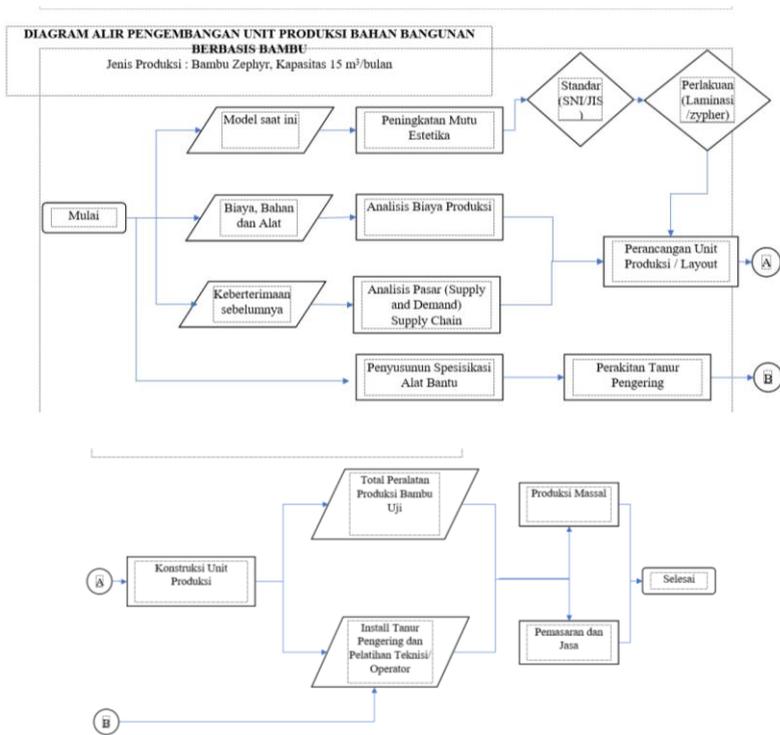
6.5. Konstruksi Unit Produksi dan Pengawasan

Berdasarkan desain unit produksi yang telah disusun, tahap selanjutnya adalah proses pembangunan fisik di lokasi yang telah ditentukan. Kegiatan konstruksi ini dilaksanakan dengan mengacu pada gambar teknis dan spesifikasi peralatan yang telah dirancang sebelumnya, guna memastikan kesesuaian antara perencanaan dan implementasi di lapangan.

Dalam pelaksanaan konstruksi, keterlibatan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) lokal menjadi bagian penting dari strategi pelibatan masyarakat. Melalui keterlibatan ini, terjadi transfer pengetahuan dan keterampilan teknis kepada UKM yang

nantinya akan bertanggung jawab dalam operasional unit produksi.

Pengawasan terhadap kegiatan konstruksi dilakukan secara berkala oleh tim teknis untuk menjamin mutu pekerjaan, ketepatan waktu pelaksanaan, serta kepatuhan terhadap standar desain dan keselamatan kerja.



Gambar 19 Diagram Alir Pengembangan Unit Produksi Bahan Bangunan Bambu

6.6. Uji Produksi

Uji produksi dilakukan sebagai langkah awal untuk mengevaluasi kinerja peralatan yang telah dipasang di unit

produksi. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem produksi berfungsi secara optimal dan sesuai dengan desain yang direncanakan.

Melalui uji coba ini, dilakukan penilaian terhadap beberapa aspek penting, yaitu:

- Kapasitas produksi aktual, untuk mengetahui seberapa besar volume output yang dapat dihasilkan dalam satu siklus produksi.
- Homogenitas produk, guna mengevaluasi konsistensi bentuk dan ukuran papan bambu yang dihasilkan.
- Kualitas produk, termasuk kekuatan mekanis, kepadatan, dan ketahanan papan Zhepyr terhadap lingkungan.

Hasil dari uji produksi ini akan menjadi dasar dalam melakukan penyempurnaan sistem, peralatan, maupun prosedur operasional sebelum unit produksi dijalankan secara penuh.

BAB 7. KELEMBAGAAN DAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT

7.1 Model Kelembagaan Lokal dalam Pengelolaan HHBK

Pengelolaan hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang berkelanjutan memerlukan dukungan kelembagaan yang kuat, adaptif, dan berbasis komunitas. Kelembagaan lokal memainkan peran kunci dalam mengatur akses, mengelola produksi, menjaga keberlanjutan sumber daya, dan memfasilitasi distribusi manfaat secara adil.

Pentingnya Kelembagaan Lokal

Tanpa kelembagaan yang terorganisir, potensi HHBK seringkali hanya dimanfaatkan secara individual dan jangka pendek. Kelembagaan memberikan:

- Struktur pengambilan keputusan kolektif
- Distribusi tugas dan tanggung jawab
- Kepastian aturan main dalam pemanfaatan HHBK
- Landasan untuk kerja sama dengan pihak luar (pemerintah, LSM, swasta)

Bentuk Kelembagaan Umum di Tingkat Komunitas

Beberapa model kelembagaan lokal yang umum dijumpai dalam pengelolaan HHBK antara lain:

- Kelompok Tani Hutan (KTH)

Terdaftar secara formal dalam skema perhutanan sosial, KTH menjadi wadah legal untuk mengakses dan mengelola HHBK secara kolektif.

- Koperasi Produsen

Fokus pada kegiatan ekonomi, koperasi mengorganisir produksi dan pemasaran bahan bangunan berbasis HHBK.

- Unit Usaha Desa (BUMDes)

Berperan dalam investasi awal, distribusi produk, dan penyediaan alat produksi bagi warga.

- Forum Multi-Pihak (desa/kelurahan)

Menghubungkan pemerintah desa, kelompok adat, kelompok perempuan, dan pemuda dalam perencanaan dan pengawasan.

Karakteristik Kelembagaan Efektif

Model kelembagaan yang berhasil biasanya memiliki ciri-ciri berikut:

- Berbasis nilai lokal dan adat: Mengintegrasikan kearifan lokal dalam pengambilan keputusan.
- Inklusif: Mengakomodasi berbagai kelompok masyarakat, termasuk perempuan dan pemuda.
- *Akuntabel* dan transparan: Dalam pengelolaan sumber daya dan hasil usaha.

- Memiliki struktur kepemimpinan yang jelas: Dengan mekanisme regenerasi.
- Terhubung dengan jaringan eksternal: Untuk akses pelatihan, pendanaan, dan pasar.

Kelembagaan lokal bukan sekadar wadah organisasi, tetapi fondasi bagi keberlanjutan pengelolaan HHBK. Dengan memperkuat struktur, tata kelola, dan kapasitas kelembagaan, masyarakat lokal dapat menjadi pelaku utama dalam rantai nilai bahan bangunan hijau, dari hutan ke hunian.

7.2 Peran Koperasi dan UMKM dalam Ekosistem Produksi HHBK

Dalam pengembangan bahan bangunan ramah lingkungan berbasis hasil hutan bukan kayu (HHBK), koperasi dan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) memegang peran strategis sebagai motor penggerak ekonomi komunitas. Keduanya menjadi penghubung penting antara produksi lokal, pengelolaan sumber daya, pengolahan bahan, dan akses pasar.

Koperasi sebagai Wadah Produksi Kolektif

Koperasi memungkinkan masyarakat untuk:

- Mengelola sumber daya secara bersama-sama
- Berbagi fasilitas produksi (alat, mesin, gudang)
- Menegosiasikan harga bahan baku dan produk secara kolektif
- Membangun sistem keuangan internal (simpan pinjam atau pembiayaan alat kerja)

UMKM sebagai Pelaku Inovasi dan Penguatan Nilai Tambah

UMKM dalam konteks HHBK berperan penting dalam:

- Mengolah bahan mentah menjadi produk siap pakai (*pressed board*, modular panel, dinding bambu)
- Melakukan inovasi produk sesuai tren pasar
- Menciptakan merek dan strategi pemasaran berbasis cerita lokal (*local branding*)
- Meningkatkan nilai jual HHBK dari bentuk mentah menjadi produk akhir

Tantangan dan Kebutuhan Penguatan

Meski berperan penting, koperasi dan UMKM juga menghadapi tantangan:

- Keterbatasan akses pembiayaan dan permodalan
- Rendahnya kapasitas manajerial dan pembukuan
- Masih terbatasnya standar mutu dan sertifikasi produk
- Persaingan pasar dengan produk industri massal

Solusi yang dapat dilakukan:

- Pendampingan manajemen usaha dan literasi keuangan
- Pelatihan peningkatan mutu dan desain
- Fasilitasi sertifikasi produk ramah lingkungan
- Akses ke program CSR, dana desa, dan kredit usaha rakyat (KUR)

Kolaborasi Koperasi–UMKM sebagai Jejaring Usaha Lokal

Hubungan koperasi dan UMKM bisa saling menguatkan:

- Koperasi fokus pada pengumpulan dan pengolahan awal bahan HHBK
- UMKM fokus pada diversifikasi produk dan pemasaran akhir
- Bersama-sama membentuk jejaring rantai pasok dan distribusi yang efisien

Koperasi dan UMKM bukan hanya pelaku ekonomi, tapi bagian penting dari ekosistem sosial dalam pengelolaan HHBK. Dengan memperkuat kapasitas kelembagaan dan usaha, serta mendorong kolaborasi antar unit, keberlanjutan produksi bahan bangunan lokal berbasis hutan akan semakin terjamin, baik secara ekologis, ekonomis, maupun sosial.

7.3 Jejaring Antar-Unit Produksi dan Kolaborasi Horizontal

Dalam konteks pengembangan bahan bangunan lokal berbasis HHBK, kolaborasi antar-unit produksi menjadi strategi penting untuk mengatasi keterbatasan skala usaha, meningkatkan efisiensi, dan memperkuat posisi tawar komunitas di pasar. Jejaring horizontal, yang menghubungkan koperasi, UMKM, kelompok tani, hingga komunitas perajin di wilayah yang berbeda, dapat membentuk ekosistem usaha yang saling menopang dan tumbuh bersama.

Pentingnya Kolaborasi Horizontal

Kolaborasi horizontal adalah bentuk kerja sama antar-unit setara untuk tujuan bersama. Dalam konteks HHBK, ini mencakup:

- Berbagi pengetahuan dan teknologi
- Saling melengkapi dalam produksi bahan setengah jadi dan produk akhir
- Penguatan rantai pasok lokal hingga regional
- Pengelolaan bersama sumber daya yang melintasi batas administratif desa/kabupaten

Manfaat Jejaring Antar-Unit Produksi

- Efisiensi biaya dan waktu dalam produksi serta distribusi
- Peningkatan skala usaha melalui konsolidasi kapasitas
- Akses pasar bersama yang lebih besar (tender, proyek CSR, ekspor)
- Ketahanan usaha saat terjadi fluktuasi harga bahan baku atau permintaan
- Inovasi kolaboratif lewat pertukaran gagasan dan teknik

Tantangan dalam Membangun Jejaring

- Kurangnya kepercayaan antar unit/komunitas
- Lemahnya koordinasi dan komunikasi lintas wilayah
- Belum adanya struktur pengelola jejaring (sekretariat, koordinator)
- Perbedaan kapasitas dan visi antar pelaku

Strategi Penguatan Kolaborasi

- Fasilitasi ruang temu rutin antar-unit produksi (forum, lokakarya)
- Pemetaan potensi dan spesialisasi masing-masing unit
- Pembuatan platform digital sederhana untuk komunikasi dan pencatatan stok/produksi
- Peran pihak ketiga (LSM, universitas, dinas) sebagai penghubung dan fasilitator netral

Kolaborasi horizontal antar-unit produksi berbasis HHBK bukan sekadar strategi efisiensi, tetapi langkah penting menuju sistem produksi yang berkeadilan, inklusif, dan berkelanjutan. Dengan membangun jejaring yang kuat dan setara, komunitas lokal dapat meningkatkan daya saing sekaligus memperkuat solidaritas sosial dan ekologis lintas wilayah.

7.4 Sistem Pelatihan dan Transfer Pengetahuan

Pelatihan dan transfer pengetahuan merupakan fondasi penting dalam pemberdayaan masyarakat untuk pengelolaan dan produksi bahan bangunan berbasis hasil hutan bukan kayu (HHBK). Tanpa penguatan kapasitas sumber daya manusia, potensi ekonomi dan ekologis HHBK tidak akan berkembang secara optimal. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sistem pelatihan yang terstruktur, berkelanjutan, dan relevan dengan kebutuhan lokal.

Tujuan Sistem Pelatihan

- Meningkatkan pengetahuan teknis masyarakat tentang HHBK (budidaya, panen, pengolahan)
- Memberikan keterampilan produksi bahan bangunan yang sesuai standar mutu

- Mendorong kreativitas dan inovasi lokal dalam desain dan teknologi
- Menumbuhkan jiwa kewirausahaan dan manajemen usaha komunitas
- Membangun kesadaran akan prinsip keberlanjutan dan konservasi

Bentuk Pelatihan dan Pendampingan

Sistem pelatihan dapat dirancang dalam beberapa bentuk:

- Pelatihan teknis berbasis praktik: pengawetan bambu, pembuatan *zephyr* bambu, panel rotan, *pressed board*, dsb.
- Workshop desain dan inovasi produk: termasuk branding dan kemasan
- Pelatihan manajemen usaha dan keuangan mikro: khususnya untuk UMKM dan koperasi
- Sekolah lapang HHBK: metode belajar berbasis pengalaman dan komunitas
- Program mentoring antar-unit: transfer keterampilan dari komunitas yang lebih maju ke komunitas pemula

Aktor Pelaksana Pelatihan

Sistem pelatihan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, di antaranya:

- Pemerintah daerah (Dinas Kehutanan, Dinas Perindustrian, Dinas UMKM)
- Balai Diklat dan Lembaga Pelatihan Swasta
- LSM dan organisasi pendamping masyarakat
- Universitas dan politeknik lokal melalui program KKN, pengabdian masyarakat, atau riset terapan
- Praktisi lokal sebagai instruktur berbasis pengalaman

Strategi Transfer Pengetahuan Berkelanjutan

Agar proses pembelajaran berlangsung terus-menerus, diperlukan mekanisme berikut:

- Pembentukan pusat pelatihan desa (*community learning center*)
- Dokumentasi pengetahuan lokal dan teknik produksi dalam bentuk modul, video, atau infografik
- Program pelatihan “melatih pelatih” (*training of trainers / ToT*) agar pelatihan bisa digulirkan antaranggota
- Sistem magang atau belajar sambil bekerja di unit produksi yang sudah berjalan
- Pemanfaatan media digital dan platform lokal (grup WA, video pendek, dll.) untuk berbagi pengetahuan

Tantangan dan Rekomendasi

Tantangan utama:

- Minimnya fasilitator yang memahami konteks lokal
- Keterbatasan anggaran dan sarana pelatihan
- Ketimpangan literasi antaranggota masyarakat

Rekomendasi:

- Integrasikan pelatihan dalam program pemerintah desa atau dana CSR
- Kembangkan pelatihan yang fleksibel, kontekstual, dan berbasis praktik langsung
- Dorong kolaborasi dengan kampus atau politeknik terdekat sebagai sumber daya pelatih dan riset aplikatif

Sistem pelatihan dan transfer pengetahuan yang adaptif dan partisipatif menjadi kunci sukses dalam membangun kemandirian komunitas HHBK. Melalui peningkatan kapasitas dan regenerasi keterampilan, masyarakat tidak hanya menjadi pengguna bahan bangunan, tetapi juga produsen utama dalam ekosistem hunian hijau berbasis sumber daya lokal.

7.5 Peran Perempuan dan Pemuda dalam Kegiatan Produksi

Pemberdayaan dalam produksi bahan bangunan berbasis hasil hutan bukan kayu (HHBK) tidak dapat dipisahkan dari keterlibatan aktif kelompok perempuan dan pemuda. Mereka bukan hanya kelompok sasaran, tetapi aktor kunci dalam inovasi, keberlanjutan, dan regenerasi usaha lokal. Mendorong partisipasi mereka secara setara dapat memperkuat basis sosial ekonomi komunitas sekaligus menciptakan keadilan gender dan generasi dalam pengelolaan sumber daya.

Kontribusi Perempuan dalam Rantai Produksi HHBK

Perempuan memiliki peran tradisional dan potensial dalam berbagai tahapan produksi HHBK:

- Pengumpulan dan pengolahan awal bahan baku seperti serat alam, damar, dan rotan
- Produksi kerajinan atau elemen dekoratif bangunan (misalnya anyaman untuk panel interior)
- Manajemen rumah tangga usaha kecil, termasuk pencatatan keuangan dan distribusi produk
- Penyimpanan pengetahuan lokal tentang tanaman HHBK, teknik pewarnaan alami, hingga pengolahan ramuan pelindung

Dukungan terhadap perempuan dapat berupa:

- Pelatihan berbasis keterampilan teknis dan manajemen usaha
- Akses terhadap pembiayaan mikro dan koperasi perempuan
- Penciptaan ruang kerja aman dan waktu kerja fleksibel

Peran Strategis Pemuda dalam Inovasi dan Regenerasi

Pemuda memiliki energi, literasi teknologi, dan potensi kreatif tinggi dalam mendorong modernisasi sektor HHBK. Peran utama mereka antara lain:

- Inovator dalam desain produk, teknologi tepat guna, dan pemasaran digital
- Pelaku regenerasi bagi unit produksi yang dijalankan generasi tua
- Jembatan penghubung ke pasar, informasi, dan jaringan luar
- Penggerak komunitas dalam membentuk kelompok usaha baru berbasis HHBK

Program yang mendorong partisipasi pemuda bisa berupa:

- Inkubator bisnis lokal
- Program magang dan pelatihan keterampilan teknis
- Kompetisi inovasi berbasis HHBK
- Hibah usaha rintisan atau bantuan alat produksi skala

Strategi Pemberdayaan Inklusif

Untuk menjamin partisipasi setara dan bermakna, perlu strategi seperti:

- Perencanaan unit produksi yang sensitif gender dan usia
- Peningkatan akses perempuan dan pemuda terhadap pelatihan dan peralatan
- Pengakuan formal atas peran mereka dalam struktur kelembagaan komunitas
- Kebijakan afirmatif dalam perekrutan, pelatihan, dan insentif usaha

Perempuan dan pemuda adalah agen perubahan dalam pengembangan bahan bangunan berbasis HHBK. Dengan pendekatan yang inklusif dan partisipatif, mereka dapat menjadi garda terdepan dalam mendorong inovasi, menjamin keberlanjutan, dan memperkuat kemandirian komunitas dalam mewujudkan hunian hijau dari hutan rakyat.

BAB 8. DAMPAK DAN KEBERLANJUTAN

8.1 Dampak terhadap Lingkungan

Penggunaan hasil hutan bukan kayu (HHBK) sebagai bahan bangunan tidak hanya membawa manfaat ekonomi dan sosial, tetapi juga berdampak signifikan pada pelestarian lingkungan. Model produksi berbasis lokal yang memanfaatkan HHBK secara berkelanjutan mampu menekan eksploitasi berlebihan terhadap hutan, mengurangi emisi, dan memperkuat sistem ekologis di wilayah setempat.

Pengurangan Emisi dan Jejak Karbon

- **Produksi rendah energi:** Pengolahan HHBK seperti bambu dan rotan umumnya membutuhkan lebih sedikit energi dibandingkan produksi semen, baja, atau beton.
- **Substitusi material beremisi tinggi:** Menggantikan material konvensional seperti beton atau plastik dengan HHBK dapat mengurangi total emisi dari sektor konstruksi.
- **Pemrosesan lokal:** Bahan yang diolah di tempat mengurangi kebutuhan transportasi jarak jauh yang menyumbang emisi karbon.
- **Karbon terserap (*carbon storage*):** Bahan-bahan seperti bambu menyimpan karbon selama siklus hidup penggunaannya sebagai material bangunan.

Satu ton bambu dapat menyerap dan menyimpan sekitar 1,72 ton CO₂ selama masa tumbuhnya.

Konservasi Hutan dan Sumber Daya Alam

- Pengurangan deforestasi: Dengan memanfaatkan HHBK yang tidak memerlukan penebangan pohon, seperti damar, rotan, dan bambu, tekanan terhadap hutan primer dapat dikurangi.
- Mendorong agroforestri dan silvikultur: HHBK seringkali dikelola dalam sistem hutan rakyat yang beragam, yang memperkuat fungsi ekologis kawasan hutan (penyerapan air, habitat, dll).
- Rehabilitasi lahan terdegradasi: Budidaya HHBK, seperti penanaman bambu di lereng, dapat membantu mengembalikan fungsi ekologis lahan kritis.
- Penguatan nilai ekosistem: Pengelolaan berbasis HHBK memperkuat kesadaran akan pentingnya ekosistem hutan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat lokal.

HHBK tidak hanya berperan sebagai sumber ekonomi alternatif, tetapi juga sebagai alat ekologis untuk membangun sistem permukiman yang lebih bersih, hemat energi, dan adaptif terhadap krisis iklim. Peranannya dalam pengurangan emisi dan konservasi sumber daya alam membuatnya sangat relevan dalam pembangunan hunian ramah lingkungan yang berkelanjutan.

8.2 Dampak Sosial-Ekonomi

Pengembangan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK tidak hanya memperkuat ketahanan lingkungan, tetapi juga memberi kontribusi nyata bagi kesejahteraan masyarakat lokal. Dalam konteks desa atau wilayah pedesaan, program ini membuka jalan bagi peningkatan ekonomi secara partisipatif dan inklusif.

Peningkatan Pendapatan

- Diversifikasi sumber pendapatan: Masyarakat tidak lagi hanya bergantung pada pertanian atau hasil hutan kayu, tetapi memiliki alternatif ekonomi dari produk olahan HHBK.
- Nilai tambah dari pengolahan lokal: Bahan mentah seperti bambu atau rotan yang diolah menjadi panel, *zephyr*, atau modular panel memiliki nilai jual lebih tinggi.
- Peningkatan daya tawar produsen: Dengan sistem kelembagaan seperti koperasi atau UMKM, produsen memiliki akses pasar dan informasi harga yang lebih adil.
- Efisiensi biaya bahan bangunan: Komunitas dapat membangun dengan biaya lebih rendah menggunakan material dari lingkungannya sendiri.

Penciptaan Lapangan Kerja

- Lapangan kerja langsung dalam pengumpulan, pengolahan, produksi, dan pemasaran bahan bangunan berbasis HHBK.
- Peluang usaha mikro: Perempuan, pemuda, dan kelompok marjinal dapat memulai usaha rumahan berbasis bahan olahan lokal.
- Efek domino ekonomi lokal: Terciptanya rantai pasok baru di tingkat desa, mulai dari transportasi bahan, penyedia alat, hingga jasa konstruksi.
- Stabilitas ekonomi desa: Dengan tersedianya pekerjaan yang relevan dengan kapasitas lokal, masyarakat memiliki alasan lebih kuat untuk tidak bermigrasi ke kota.

Pemanfaatan HHBK dalam sektor bahan bangunan lokal membuka peluang transformasi sosial dan ekonomi di tingkat akar rumput. Program ini tidak hanya memperkuat ekonomi desa, tetapi juga menciptakan model pembangunan yang adil, inklusif, dan lestari.

8.3 Evaluasi Keberlanjutan Jangka Panjang

Keberlanjutan jangka panjang dari unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK ditentukan oleh kombinasi faktor ekologis, sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Evaluasi ini diperlukan untuk memastikan bahwa model yang dibangun tidak hanya efektif dalam jangka pendek, tetapi juga mampu bertahan dan berkembang dalam berbagai kondisi dinamis.

Dimensi Keberlanjutan Ekologis

- Ketersediaan bahan baku alami: Apakah pasokan HHBK seperti bambu, rotan, dan damar tetap dapat dijaga melalui sistem panen berkelanjutan dan reboisasi?
- Daya dukung ekosistem: Apakah penggunaan HHBK mendorong regenerasi hutan dan menjaga fungsi ekologis seperti penyimpanan air, habitat satwa, dan kesuburan tanah?
- Ketahanan terhadap perubahan iklim: Apakah sistem budidaya dan pemanfaatan HHBK dapat beradaptasi dengan perubahan cuaca ekstrim, kekeringan, atau banjir?

Dimensi Keberlanjutan Sosial

- Keterlibatan dan kepemilikan komunitas: Apakah masyarakat lokal terlibat secara aktif dan merasa memiliki atas unit produksi?
- Pemerataan manfaat: Apakah kelompok rentan seperti perempuan dan pemuda mendapatkan akses yang setara terhadap pelatihan, pekerjaan, dan keuntungan ekonomi?
- Transfer pengetahuan antargenerasi: Apakah terdapat mekanisme pelatihan berkelanjutan agar pengetahuan lokal dan teknis dapat diwariskan?

Dimensi Keberlanjutan Ekonomi

- Skalabilitas dan diversifikasi produk: Apakah unit produksi dapat memperluas lini produk untuk menjangkau lebih banyak pasar?
- Daya saing harga dan kualitas: Apakah produk dari HHBK dapat bersaing dengan material konvensional dalam hal harga, kekuatan, dan estetika?
- Stabilitas rantai pasok: Apakah ada sistem pasokan bahan baku dan distribusi produk yang terorganisasi dengan baik dan tahan terhadap gangguan?

Dimensi Keberlanjutan Kelembagaan

- Dukungan kebijakan: Apakah terdapat regulasi atau insentif pemerintah yang mendukung pengembangan HHBK dan unit produksinya?
- Penguatan kelembagaan lokal: Apakah koperasi, kelompok tani hutan, atau UMKM memiliki kapasitas manajerial dan keuangan yang memadai?
- Kemitraan jangka panjang: Apakah terdapat jaringan dengan pihak luar seperti universitas, LSM, atau

sektor swasta yang dapat menjaga keberlanjutan program?

Tabel 15 Indikator Evaluasi Keberlanjutan

Dimensi	Indikator Utama
Ekologis	Luas tutupan hutan, regenerasi tanaman HHBK
Sosial	Jumlah tenaga kerja lokal, partisipasi perempuan
Ekonomi	Pendapatan rata-rata, volume penjualan
Kelembagaan	Jumlah unit aktif, keberadaan koperasi/UMKM

Evaluasi keberlanjutan jangka panjang harus menjadi bagian integral dari perencanaan dan implementasi unit produksi berbasis HHBK. Dengan memperhatikan semua dimensi secara seimbang, program ini dapat tumbuh menjadi model pembangunan desa yang tangguh, adil, dan berorientasi masa depan.

8.4 Strategi Menjaga Rantai Pasok dan Konservasi Bahan Baku

Keberhasilan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK sangat bergantung pada keberlanjutan rantai pasok bahan baku. Untuk itu, diperlukan strategi yang mampu menjaga kesinambungan ketersediaan material, sekaligus memastikan bahwa pemanfaatan dilakukan secara lestari tanpa merusak sumber daya alam.

Pengelolaan Sumber Daya Secara Berbasis Komunitas

- Penetapan zona budidaya HHBK oleh masyarakat melalui musyawarah desa atau kelembagaan adat.
- Sistem rotasi panen untuk HHBK seperti bambu, damar, atau rotan agar regenerasi tidak terganggu.
- Penanaman kembali dan pembibitan lokal untuk mengganti material yang telah diambil.
- Bank bibit komunitas sebagai pusat penyediaan tanaman HHBK yang beragam dan adaptif.

Penguatan Sistem Logistik dan Distribusi

- *Mapping* sumber bahan baku untuk menghindari tekanan pada satu wilayah tertentu.
- Kemitraan antardesa atau kelompok pengelola untuk berbagi pasokan bahan saat salah satu wilayah kekurangan.
- Integrasi transportasi lokal (misalnya dengan ojek bambu, perahu, atau kendaraan desa) untuk mengurangi ketergantungan terhadap logistik eksternal.
- Digitalisasi pencatatan pasokan agar produksi dapat direncanakan berdasarkan ketersediaan aktual bahan.

Diversifikasi dan Substitusi Material

- Pengembangan produk alternatif berbahan serat daun, sabut kelapa, ijuk, atau pelepah sebagai pengganti ketika stok bambu atau rotan menipis.
- Penggunaan limbah atau sisa HHBK (serpihan bambu, debu serat, kulit damar) sebagai bahan tambahan dalam pressed board atau komposit.
- Eksplorasi HHBK lokal lainnya seperti bambu parring, tallang, dan awo yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Integrasi Konservasi ke dalam Sistem Produksi

- Sertifikasi berbasis keberlanjutan, seperti ecolabel atau sistem verifikasi komunitas, untuk membedakan produk ramah lingkungan.
- Pelatihan konservasi kepada petani HHBK dan pelaku produksi agar praktik budidaya dan pengambilan tetap memperhatikan aspek ekologis.
- Insentif konservasi: misalnya, kelompok yang menerapkan penanaman kembali diberikan prioritas dalam pemasaran produk atau dukungan alat.

Dukungan Kebijakan dan Kolaborasi Multipihak

- Peran pemerintah desa dan daerah dalam menetapkan peraturan desa atau regulasi lokal terkait pengelolaan HHBK.
- Keterlibatan lembaga riset, universitas, dan LSM dalam monitoring, pelatihan, dan pengembangan strategi konservasi.
- Skema insentif fiskal seperti bantuan alat, kredit mikro, atau subsidi bibit untuk kelompok yang menjaga rantai pasok secara berkelanjutan.

Tanpa pengelolaan rantai pasok dan konservasi bahan baku yang cermat, keberhasilan unit produksi HHBK hanya akan berlangsung jangka pendek. Dengan strategi yang terencana, kolaboratif, dan berbasis komunitas, sistem ini dapat menjadi model pembangunan berbasis sumber daya lokal yang berkelanjutan dan adaptif terhadap tantangan masa depan.

BAB 9. REKOMENDASI KEBIJAKAN DAN REPLIKASI PROGRAM

9.1 Rekomendasi untuk Pemerintah: Regulasi dan Insentif

Agar pengembangan unit produksi bahan bangunan berbasis HHBK dapat berjalan secara luas dan berkelanjutan, diperlukan dukungan kebijakan yang berpihak pada inisiatif lokal. Pemerintah, baik di tingkat pusat maupun daerah, berperan penting dalam menyediakan kerangka hukum, dukungan teknis, serta insentif ekonomi untuk memperkuat ekosistem produksi dan distribusi HHBK.

Penguatan Regulasi Pro-Lingkungan dan HHBK

- Integrasi HHBK dalam kebijakan pembangunan berkelanjutan: Pemerintah perlu secara eksplisit memasukkan HHBK sebagai bahan bangunan alternatif dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM), Perda, dan kebijakan sektoral (perumahan, kehutanan, desa, lingkungan).
- Pengakuan legalitas pengelolaan hutan berbasis masyarakat: Mempermudah izin pemanfaatan hutan untuk masyarakat adat, kelompok tani hutan, dan koperasi lokal agar mereka bisa mengakses dan mengelola HHBK secara legal.
- Standar nasional untuk bahan bangunan HHBK: Penyusunan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau panduan teknis untuk produk berbasis HHBK (*zhephyr* bambu, modular rotan, *pressed board*) agar memiliki

jaminan mutu dan dapat masuk pasar konstruksi formal.

- Peraturan desa (Perdes) konservasi: Mendorong pemerintahan desa mengatur pengelolaan dan perlindungan HHBK sebagai aset strategis desa.

Insentif Ekonomi dan Fiskal

- Subsidi alat produksi dan teknologi tepat guna: Penyediaan mesin dan alat sederhana untuk pemrosesan HHBK melalui Dinas Perindustrian, Koperasi, atau Dana Desa.
- Skema kredit mikro dan pembiayaan ramah lingkungan: Dukungan pembiayaan berbunga rendah atau tanpa agunan untuk kelompok tani HHBK dan UMKM produsen bahan bangunan hijau.
- Pemotongan pajak atau retribusi bagi pelaku usaha yang menggunakan bahan HHBK dan menerapkan prinsip keberlanjutan dalam proses produksinya.
- Penyediaan pasar pemerintah (*market access*): Pemerintah dapat memberi prioritas pada material HHBK dalam program pembangunan rumah rakyat, proyek padat karya, atau renovasi infrastruktur desa.

Dukungan Teknis dan Kapasitas Kelembagaan

- Pelatihan dan sertifikasi keterampilan: Pelatihan teknis pengolahan bambu, rotan, dan serat alam yang diintegrasikan dalam program pelatihan BLK atau Pusat Pelatihan Kehutanan Masyarakat.
- Pendampingan kelembagaan dan manajemen usaha: Pemberdayaan koperasi atau UMKM melalui pelatihan manajemen, pemasaran, dan pembukuan.
- Penguatan lembaga riset dan inovasi lokal: Mendorong kerja sama antara pemerintah, universitas,

dan Balai Litbang untuk mendukung inovasi bahan bangunan HHBK yang efisien dan ramah lingkungan.

Kampanye dan Sosialisasi

- Kampanye nasional bahan bangunan hijau: Edukasi publik tentang manfaat penggunaan HHBK, baik dari sisi lingkungan, estetika, maupun ekonomi.
- Sertifikasi “Hunian Hijau Nusantara”: Pemerintah dapat mengembangkan label khusus untuk rumah atau bangunan yang menggunakan HHBK dalam jumlah signifikan dan memenuhi standar keberlanjutan.
- Promosi di ajang pameran nasional: Partisipasi dalam pameran inovasi, UMKM, atau teknologi tepat guna dengan membawa produk HHBK sebagai alternatif arsitektur tropis yang berakar lokal.

Pemerintah memiliki peran strategis dalam menciptakan lingkungan yang kondusif bagi tumbuhnya industri bahan bangunan lokal berbasis HHBK. Dengan kombinasi regulasi yang mendukung dan insentif yang tepat sasaran, inisiatif akar rumput ini dapat ditransformasikan menjadi arus utama pembangunan berkelanjutan, baik di desa maupun kota.

9.2 Integrasi dalam Program Nasional dan Daerah

Agar penggunaan HHBK sebagai bahan bangunan ramah lingkungan dapat diarusutamakan secara luas, langkah strategis selanjutnya adalah mengintegrasikannya ke dalam berbagai program nasional dan daerah. Program-program ini merupakan wahana nyata untuk menyerap hasil produksi unit lokal sekaligus mendorong perbaikan kualitas hidup masyarakat secara inklusif dan berkelanjutan.

Program Perumahan Rakyat

- Pemanfaatan HHBK dalam skema rumah subsidi

Pemerintah melalui Kementerian PUPR dapat mengintegrasikan material berbasis HHBK seperti bambu olahan, panel rotan, atau papan serat alam dalam pembangunan rumah bersubsidi (FLPP, BP2BT), khususnya di wilayah dengan ketersediaan sumber daya lokal.

- Pilot project rumah contoh berbahan HHBK

Pembangunan rumah contoh (prototipe) di kawasan perdesaan atau daerah rawan bencana dengan menggunakan bahan lokal dapat memperlihatkan manfaat langsung HHBK dari sisi kekuatan struktur, kenyamanan iklim tropis, dan efisiensi biaya.

- Integrasi dalam program perumahan berbasis komunitas

Mendorong kolaborasi antara pemerintah daerah, LSM, dan koperasi lokal untuk membangun permukiman berbasis HHBK yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam proses perencanaan dan pembangunan.

- Kriteria hunian hijau dalam bantuan renovasi rumah

Program seperti BPS (Bantuan Stimulan Perumahan Swadaya) dapat diberi panduan teknis agar penggunaan material HHBK menjadi bagian dari kriteria penerima manfaat atau desain teknis.

Program Padat Karya dan Pembangunan Desa

- Penggunaan HHBK dalam program padat karya tunai (PKT)

Program PKT yang dijalankan oleh Kementerian Desa atau instansi terkait dapat diarahkan untuk menggunakan produk bahan bangunan dari HHBK lokal, sehingga menciptakan nilai ganda: penyediaan pekerjaan dan pelestarian lingkungan.

- Inisiatif "Satu Desa, Satu Produk HHBK"

Pemerintah daerah dapat merancang program khusus agar setiap desa mengembangkan spesialisasi HHBK tertentu berdasarkan potensi wilayah, misalnya Desa A fokus pada bambu, Desa B pada rotan, dan seterusnya.

- Penguatan peran BUMDes dalam pengolahan dan distribusi

Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) dapat menjadi aktor kunci dalam mengelola unit produksi, memfasilitasi pemasaran, serta menjalin kerja sama dengan pemda atau sektor swasta untuk distribusi bahan bangunan ramah lingkungan.

- Sinergi dengan Dana Desa dan program pemberdayaan lainnya

Dana Desa bisa diarahkan untuk investasi awal dalam peralatan produksi HHBK, pelatihan SDM, maupun penguatan kelembagaan masyarakat desa agar siap menjalankan sistem produksi yang berkelanjutan.

Integrasi HHBK ke dalam program nasional dan daerah tidak hanya akan memperluas penggunaan material lokal

berkelanjutan, tetapi juga memperkuat koneksi antara pembangunan fisik dan pemberdayaan masyarakat. Dengan dukungan kebijakan yang responsif dan eksekusi program yang tepat sasaran, HHBK dapat menjadi salah satu pilar utama pembangunan desa yang hijau dan mandiri.

9.3 Strategi Replikasi Model di Wilayah Lain

Replikasi model unit produksi bahan bangunan lokal berbasis hasil hutan bukan kayu (HHBK) memerlukan pendekatan adaptif, kontekstual, dan kolaboratif. Setiap wilayah memiliki karakteristik ekologis, sosial, dan kelembagaan yang unik, sehingga strategi replikasi harus mempertimbangkan potensi lokal, kesiapan masyarakat, serta dukungan kebijakan daerah.

Identifikasi Wilayah Berbasis Potensi HHBK

- Pemetaan sumber daya HHBK secara spasial

Menggunakan data dari KLHK, Dinas Kehutanan, atau universitas lokal untuk mengidentifikasi daerah dengan ketersediaan bambu, rotan, damar, atau serat alam yang melimpah.

- Analisis kapasitas masyarakat dan struktur kelembagaan

Menilai kesiapan komunitas lokal dalam mengelola usaha bersama (koperasi, kelompok tani, BUMDes), serta keberadaan tenaga terampil atau kader penggerak desa.

- Seleksi lokasi prioritas berbasis kebutuhan hunian

Daerah dengan kebutuhan pembangunan rumah yang tinggi (seperti pasca-bencana, transmigrasi, atau

daerah rawan kemiskinan) dapat dijadikan target awal replikasi.

Pengembangan Model Adaptif dan Fleksibel

- Model modular sesuai kondisi lokal

Menyesuaikan desain unit produksi berdasarkan skala desa, jenis HHBK dominan, dan teknologi yang tersedia, sehingga tidak bersifat seragam atau *top-down*.

- Pendekatan bertahap (*phased approach*)

Mulai dari pilot skala kecil, lalu diperluas ke skala regional setelah evaluasi teknis, sosial, dan ekonomi dilakukan.

- Pembuatan panduan teknis replikasi

Menyusun buku pedoman atau toolkit replikasi yang mencakup aspek teknis produksi, kelembagaan, manajemen, dan pemasaran.

Replikasi Berbasis Kemitraan Multipihak

- Kolaborasi dengan perguruan tinggi lokal

Universitas dapat mendampingi proses riset bahan, uji kualitas, dan pelatihan masyarakat berbasis hasil kajian ilmiah.

- Keterlibatan NGO dan lembaga pengembangan Masyarakat

Lembaga swadaya masyarakat dapat berperan sebagai fasilitator awal, membantu pengorganisasian masyarakat dan membangun jejaring antarwilayah.

- Kemitraan dengan sektor swasta dan kontraktor lokal

Mendorong perusahaan konstruksi atau pengembang perumahan lokal untuk menyerap produk HHBK dari unit komunitas, melalui mekanisme pembelian langsung atau program CSR.

Pemantauan, Evaluasi, dan Dokumentasi

- Monitoring keberlanjutan secara berkala

Melibatkan Dinas terkait untuk menilai kinerja unit produksi dari sisi kualitas produk, keberlanjutan bahan baku, dan dampak sosial.

- Dokumentasi praktik baik (*best practices*)

Membuat dokumentasi video, foto, dan laporan naratif tentang kisah sukses replikasi untuk disebarluaskan sebagai inspirasi daerah lain.

- Pusat pembelajaran antarwilayah (*learning center*)

Membangun pusat pelatihan regional (misalnya berbasis desa percontohan) untuk kunjungan belajar dan replikasi lebih luas di wilayah sekitarnya.

Strategi replikasi bukan sekadar menyalin model dari satu tempat ke tempat lain, tetapi menyesuaikan prinsip-prinsip dasar dengan realitas lokal. Dengan dukungan teknis, kebijakan yang memfasilitasi, dan kemitraan multipihak, model unit produksi HHBK dapat berkembang menjadi

gerakan nasional pembangunan hunian yang adil, lestari, dan berbasis kekuatan komunitas.

9.4 Kolaborasi Multi-Pihak: LSM, Universitas, dan Sektor Swasta

Membangun ekosistem produksi dan pemanfaatan bahan bangunan berbasis HHBK tidak dapat dilakukan secara parsial atau oleh satu pihak saja. Diperlukan kolaborasi lintas sektor yang saling melengkapi peran, dari penyediaan pengetahuan, fasilitasi sosial, hingga penguatan pasar. Kolaborasi ini menjadi fondasi penting untuk memastikan keberlanjutan program dan perluasan dampaknya.

Peran Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

- Fasilitasi partisipasi Masyarakat

LSM dapat berperan sebagai jembatan antara komunitas lokal dengan pemerintah dan donor, membantu proses pemberdayaan, pembentukan kelompok produksi, dan advokasi kebijakan.

- Pendampingan teknis dan sosial

Banyak LSM memiliki pengalaman dalam pembangunan berbasis masyarakat, termasuk dalam pengelolaan HHBK, pengembangan desain hunian ramah lingkungan, dan pemasaran produk lokal.

- Akses pembiayaan mikro atau hibah awal

LSM juga sering menjembatani akses modal awal melalui skema hibah, dana pembangunan desa, atau kerja sama dengan donor internasional.

Peran Perguruan Tinggi dan Pusat Penelitian

- Pengembangan teknologi tepat guna

Universitas dapat membantu merancang alat, metode, dan bahan inovatif untuk mengolah HHBK, termasuk pengujian standar kekuatan, ketahanan, dan efisiensi termal.

- Peningkatan kapasitas SDM lokal

Melalui program pengabdian masyarakat, KKN tematik, dan pelatihan, perguruan tinggi dapat berperan aktif dalam peningkatan kapasitas pelaku di desa atau komunitas produksi.

- Dokumentasi dan publikasi ilmiah

Kajian akademik dapat memperkuat legitimasi program berbasis HHBK dalam pembangunan, serta menjadi dasar perumusan kebijakan berbasis bukti.

Peran Sektor Swasta dan Dunia Usaha

- Penyerap produk HHBK sebagai bahan bangunan alternatif
Perusahaan konstruksi, pengembang perumahan, dan retail bahan bangunan dapat menjadi mitra pasar utama untuk menyerap hasil produksi dari komunitas.
- Investasi sosial (CSR) dan kemitraan komersial

Sektor swasta dapat menyediakan dukungan berupa pelatihan, infrastruktur, atau akses pasar sebagai bagian dari program CSR atau kemitraan bisnis inklusif.

- Standarisasi dan sertifikasi produk lokal

Dunia usaha yang bergerak di bidang kualitas dan sertifikasi produk dapat membantu dalam proses legalisasi dan pengakuan formal atas produk HHBK agar diterima di pasar luas.

Sinergi antara masyarakat lokal, LSM, perguruan tinggi, dan sektor swasta menjadi elemen penting dalam membangun model hunian hijau berbasis HHBK yang kuat dan berdaya saing. Kolaborasi multipihak memungkinkan transfer teknologi, pertukaran pengetahuan, pembukaan akses pasar, serta legitimasi sosial dan politik yang dibutuhkan untuk memperluas dan menguatkan dampak program.

BAB 10. JEJAK KARBON, JEJAK PERADABAN: MENATA MASA DEPAN DARI HUNIAN HIJAU

Ketika membangun sebuah rumah, sejatinya kita tidak hanya menata ruang dan dinding, tetapi juga menata arah peradaban. Setiap bata yang disusun, setiap material yang dipilih, dan setiap keputusan konstruksi adalah pernyataan tentang nilai yang kita anut, apakah kita akan terus menambah beban bumi atau menjadi bagian dari upaya pemulihannya.

Jejak karbon bukan sekadar angka di laporan lingkungan; ia adalah rekam jejak pilihan hidup manusia. Di baliknya, ada cerita tentang pohon yang ditebang atau dibiarkan tumbuh, tentang energi yang dihemat atau diboroskan, tentang teknologi yang diabaikan atau dimanfaatkan. Semua itu kelak membentuk jejak peradaban, arah perjalanan umat manusia menuju keberlanjutan atau menuju krisis yang tak terelakkan.

Hunian hijau rendah emisi karbon bukan sekadar gagasan teknis; ia adalah cermin dari kebijaksanaan kolektif. Kemajuan sejati tidak selalu berarti membangun lebih banyak, tetapi membangun dengan lebih bijak. Menggunakan hasil hutan bukan kayu bukan hanya mengurangi tekanan terhadap hutan, tetapi juga menghidupkan kembali keterampilan lokal, menciptakan peluang ekonomi, dan menjaga harmoni ekosistem. HHBK dapat menjadi material konstruksi yang kuat, indah, dan berkelanjutan, sementara unit produksi lokal mampu menjadi motor perubahan ekonomi sekaligus penjaga lingkungan.

Prinsip desain hijau dapat diintegrasikan tanpa mengorbankan kenyamanan maupun estetika. Namun, pelajaran terpenting mungkin bukan pada teknologi atau desain itu sendiri, melainkan pada kesadaran, kesadaran bahwa setiap tindakan kita meninggalkan jejak, dan kita diberi pilihan untuk menentukan apakah jejak itu akan merusak atau merawat bumi.

Jika kita memilih hunian hijau, kita sedang mengukir jejak yang menginspirasi generasi berikutnya. Kita sedang berkata: *“Kami peduli. Kami memilih masa depan yang layak huni. Kami membangun untuk hidup, bukan sekadar bertahan.”* Peradaban dibentuk dari keputusan-keputusan kecil yang konsisten, dan hunian hijau hanyalah satu bagian dari mosaik besar itu. Namun dampaknya dapat menjalar jauh, ke udara yang kita hirup, ke air yang kita minum, hingga ke hutan yang kita wariskan.

Kini, tanggung jawab ada di tangan kita. Apakah kita akan meninggalkan bumi dengan jejak karbon yang membebani, atau dengan jejak peradaban yang membanggakan? Hunian hijau memberi kita kesempatan untuk menjawab pertanyaan itu dengan karya nyata, satu rumah, satu komunitas, satu masa depan pada satu waktu.

Dan kelak, ketika anak cucu kita berdiri di beranda rumah mereka, menghirup udara segar dan memandang hutan yang masih tegak, mereka akan tahu: ada generasi yang memilih untuk peduli. Ada generasi yang meninggalkan bumi dalam keadaan lebih baik daripada saat mereka menemukannya. Semoga kitalah generasi itu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Upadhyay, A., Ding, Y., Emamverdian, A., & Shahzad, A. (2021). Bamboo: Origin, habitat, distributions and global prospective. In *Biotechnological Advances in Bamboo* (pp. 1–28). Springer.
- Akoto, D. S., & Partey, S. T. (2020). Towards bamboo agroforestry development in Ghana: Evaluation of crop performance, soil properties and economic benefit. *Agroforestry Systems*, 94, 1759–1780. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00493-7> Indian Forester+4SpringerLink+4Open Access Repository of ICRISAT+4IOPscience
- Alemu, T. B., et al. (2023). Carbon stock potential of highland bamboo plantations in northwestern Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*, 32, Article 123–134.
- Amatosa, D. D., Ferrer, R. K. C., & Alcantara, A. V. (2022). Evaluating bamboo as an alternative sustainable construction material: A Philippine perspective. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132971. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132971>
- Andargatchew, K. (2008). Comparative growth analysis of bamboo and trees under different agroforestry systems. *Journal of Forestry Research*, 19(1), 34–41. <https://doi.org/10.1007/s11676-008-0006-4>
- Anitha, K., Murthy, I. K., Sudha, P., & Ravindranath, N. H. (2008). Climate change mitigation potential of bamboo forests. *Current Science*, 95(6), 735–739.
- Arce-Villalobos, O. A., van der Lugt, P., van den Dobbelsteen, A. A. J. F., & Hernandez-Rodriguez, F. J. (2017). Bamboo as a sustainable building material: A review of architectural and structural features. *Journal of Green Building*, 12(1), 141–164.

- Ashary, D., & Daud, M. (2016). Karakteristik papan komposit limbah sabut kelapa berlapis anyaman bambu. In Seminar Pekan Inovasi Sains dan Teknologi Litbang 2016. Discovery Hotel Ancol, Jakarta, 9–11 Agustus 2016.
- Awang, S. A., Kartodihardjo, H., Wibowo, L. R., & Nugroho, R. A. (2007). Hutan Rakyat: Konstruksi Sosial, Ekonomi dan Lingkungan. Sekolah Pascasarjana UGM.
- Baharuddin, & Daud, M. (2013). Allometric equations for estimating the total biomass and carbon stock in Parring bamboo (*Gigantochloa atter*) from community forests. In The Fifth International Symposium Indonesian Wood Research Society (IWoRS): Utilization of Renewable Natural Resources towards Welfare and Environmental Sustainability, Balikpapan, 7–9 November 2013.
- Baharuddin, & Daud, M. (2018). Model Dinamik Simulasi Pola Pemanenan Optimal Dalam Pengelolaan Bambu Rakyat Berkelanjutan Di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros. *Jurnal Matoa*, 6(1), 85–99.
- Baharuddin, & Daud, M. (2019). The comparison of some equation model estimators of biomass in the bamboo Betung stand (*Dendrocalamus asper*) from community forest in Tana Toraja Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. In 1st ASEAN Bamboo Congress for Climate Change Adaptation Towards Environmental Sustainability and Economic Resilience. Iloilo Convention Center, Iloilo City, Philippines, 13 August 2019.
- Baharuddin, Daud, M., Sanusi, D., & Mangalla, A. (2014). Model penduga biomassa dan cadangan karbon pada tegakan bambu betung (*Dendrocalamus asper*) pada hutan bambu rakyat di Kabupaten Tana Toraja. *Jurnal Matoa*, 2(3), 34–45.
- Baharuddin, Sanusi, D., Daud, M., & Ferial. (2014). Potensi biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon dioksida (CO₂) Serta Persamaan Allometrik Penduga Biomassa pada Tegakan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*)

- pada Hutan Bambu Rakyat di Kabupaten Tana Toraja. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian HHBK, 1(1), 415–428.
- Baharuddin, Sanusi, D., Daud, M., & Ferial. (2014). Potensi biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon dioksida (CO₂) Serta Persamaan Allometrik Penduga Biomassa pada Tegakan Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) pada Hutan Bambu Rakyat di Kabupaten Tana Toraja. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian HHBK, 1(1), 415–428.
- Baharuddin, Sanusi, D., Putranto, B., & Daud, M. (2015). Analisis pendapatan petani hutan bambu rakyat di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros. *Jurnal Matoa*, 3(4), 1–15.
- Baharuddin, Sanusi, D., Putranto, B., & Daud, M. (2015). Analisis sosial ekonomi dan pola pengelolaan hutan bambu rakyat di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros. In *Seminar Nasional Sewindu BPTHHBK Mataram*. Mataram, 1 Oktober 2015.
- Baharuddin. (2013). Analisis Potensi Tegakan Bambu Parring (*Gigantochloa atter*) sebagai Penyerap dan Penyimpan Karbon (Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bambu Rakyat di Tanralili Kabupaten Maros (Disertasi). Universitas Hasanuddin.
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Academic Press.
- Binh, T. T. (2009). Tropical forest biodiversity and climate change. *International Forestry Review*, 11(4), 412–420.
- Birdsey, R. (1992). Carbon Storage and Management in Forest Ecosystems. [Dalam Cason et al., 2006].
- BPTPT. 2011. Kegiatan Pengembangan Teknologi Bahan Bangunan Lokal untuk Rumah Tradisional. Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Makassar, Makassar
- BPTPT. 2015. Modul Pengawetan Bambu: Metode Metode Boucherie Modifikasi. Balai Pengembangan Teknologi

- Perumahan Tradisional Makassar, Pusat Litbang Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum, Makassar BPTPT. 2016. Pemetaan Potensi Bangunan Lokal di Indonesia Timur. Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Makassar, Pusat Litbang
- Brenner, J. (2008). Bamboo: A sustainable solution for carbon sequestration. *Environmental Management*, 42(6), 1042–1050. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9154-0>
- Brodjonegoro, B. P. S. (2023, June 12). Bamboo has high value due to sustainability: KADIN. ANTARA. Retrieved from <https://en.antaraneews.com/news/284859/bamboo-has-high-value-due-to-sustainability-kadin>
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper 134. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Brown, S. (2002). Measuring Carbon in Forests: Current Methods and Future Needs. In: Samalca, R. (2007).
- Burru, B. B., Tadesse, A. S., & Sileshi, G. W. (2025). Estimating above-ground biomass and carbon stock of natural bamboo species using allometric models in Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(3), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-10554-9>
- Bystriakova, N., Kapos, V., Lysenko, I., & Stapleton, C. M. A. (2003). Bamboo biodiversity: Information for planning conservation and sustainable use of bamboo resources. INBAR Technical Report No. 22.
- Bystriakova, N., Kapos, V., Stapleton, C. M. A., & Lysenko, I. (2003). Distribution and conservation status of forest bamboo biodiversity in the Asia-Pacific region. *Biodiversity & Conservation*, 12(9), 1833–1841.
- Canavan, K., Richardson, B., & al. (2017). Bamboo ecology and distribution. *Journal of Plant Ecology*, 10(4), 123–138.

- Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide: Estimates and uncertainties. (2017). *Forest Ecology and Management*, 393, 113–138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.017>
- Cason, J., Matthews, R., et al. (2006). Carbon Mitigation through Forest Management. *Environmental Science & Policy*, 9(5), 431–437.
- Casper, B.B. (2010). Carbon Sequestration in Forest Ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 260(4), 570–580.
- Cheah, W. Q., et al. (2025). From bamboo to biochar: A critical review of bamboo pyrolysis conditions and products with a focus on relevance to the developing world. *Sustainable Chemistry & Engineering*. <https://doi.org/10.1039/D4SU00800F>
- Chiti, T., Blasi, E., & Chiriaco, M. V. (2024). Carbon sequestration in a bamboo plantation: a case study in a Mediterranean area. *Journal of Forestry Research*, 35(51). <https://doi.org/10.1007/s11676-024-01696-9>
- CognixPulse. (2020). Exploring Bamboo Plants: Characteristics and Uses. <https://cognixpulse.com/articles/exploring-bamboo-plants-characteristics-uses/>
- Dagnew, Y. B., Durai, J., Chinke, M. A., & Worassa, K. T. (2025). Allometric models for estimating biomass and carbon stocks in natural and homestead highland bamboo stands in Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 580, 120620. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.120620>
- Dannenmann, M., Butterbach-Bahl, K., Gasche, R., et al. (2007). Spatial and temporal variability of soil-atmosphere exchange of greenhouse gases and $^{13}\text{CO}_2$ in a temperate forest ecosystem. *Global Change Biology*, 13(4), 776–793. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01341.x>

- Dannenmann, M., et al. (2007). Environmental management and bamboo bioenergy production. *MDPI Energies*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/en15051928>
- Daud, M. (2010) Produksi Bioetanol Dari Beberapa Jenis Kayu Tropis Melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Secara Simultan. Institut Pertanian Bogor.
- Daud, M. (2014) Bioenergi dari Bahan Non Pangan: Memanen Bensin dari Hutan untuk Ketahanan Energi Indonesia. 1st edn. Makassar: Philosophia Press.
- Daud, M., Baharuddin, Hikmah, & Samsul Samrin. (2025). Bioenergi: Energi Hijau dari Alam. Bone: Alinea Indonesia
- Daud, M. (2018) ‘Kontribusi Bioenergi dari Hutan Rakyat untuk Pemenuhan Kebutuhan Energi Masyarakat dalam Mitigasi Perubahan Iklim di Kecamatan Baraka, Kabupaten Enrekang’, Workshop Ahli Perubahan Iklim Regional Sulawesi, 1(1), pp. 189–196.
- Daud, M., & Daties, D. J. (2023). The distribution and dynamics of carbon in community forests in Kahu District, Bone Regency based on dynamic system modeling. In 1st International Conference on Sustainable Tropical Forest Management. Bogor, 3–5 November 2023.
- Daud, M., Hikmah and Imran, J. (2015) ‘Potensi Cadangan Dan Serapan Karbon Dioksida Di Hutan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Makassar Desa Bissoloro Kabupaten Gowa’, *Jurnal Matoa*, 3(5), pp. 1–11.
- Daud, M., Hikmah, & Azis, A. (2022). Potensi Pemanfaatan Bambu Tali (*Gigantochloa Apus*) Pada Hutan Rakyat Di Desa Leu Kecamatan Bolo Kabupaten Bima. *JOPFE Journal*, 2(1), 1–7.
- Daud, M., Hikmah, & Fiprianto, L. (2018). Kontribusi bioenergi dari hutan rakyat untuk pemenuhan kebutuhan energi masyarakat dalam mitigasi perubahan iklim di Kecamatan Baraka, Kabupaten Enrekang. In *Prosiding Workshop Nasional Ahli Perubahan Iklim Indonesia*.

- Makassar, 4 Juli 2018. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. ISBN: 978-602-50932-5-8.
- Daud, M., Hikmah, H., Astuti, S., Samri, S., & Baharuddin, B. (2023). Productivity and Yield of Patchouli (*PogostemoncablinBenth*) in Community Forest using Agroforestry Patterns in Tommo District, Mamuju Regency, West Sulawesi Province. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 1379(2024), 012038.
- Daud, M., Hikmah, Haerana, Baharuddin. (2018) ‘Potensi Produksi Oksigen Pada Tegakan Bambu Parring (*Gigantochloa atter*) Di Hutan Rakyat Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros’, *Jurnal Matoa*, 6(12), pp. 27–39.
- Daud, M., Latifah, H., Basalamah, H., & Sarman. (2014). Potensi biomassa, cadangan karbon dan serapan karbon dioksida pada Kebun Raya Massenrempulu Enrekang. *Jurnal Matoa*, 2(3), 54–63.
- Daud, M., Syafii, W. and Syamsu, K. (2012) ‘Bioethanol Production from Several Tropical Wood Species using Simultaneous Saccharification and Fermentation Processes’, *Wood Research Journal*, 3(2), pp. 106–116.
- Daud, M., Syafii, W., & Syamsu, K. (2012). Biokonversi bahan berlignoselulosa menjadi bioetanol menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Perennial*, 8(1), 43–51.
- Daud, M., Syafii, W., & Syamsu, K. (2013). Pemanfaatan batang kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menjadi bioetanol dengan perlakuan pendahuluan menggunakan proses kraft. *Jurnal Matoa*, 1(2), 17–27.
- Daud, M., Syafii, W. and Syamsu, K. (2014) ‘Produktivitas Bioetanol dari Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dengan Perlakuan Enzimatis’, *Jurnal Matoa*, 2(3), pp. 11–24.
- Deng, X., et al. (2025). The relationship between growth, anatomical structure, and quality in edible bamboo shoots

- of *Dendrocalamus latiflorus*. *BMC Plant Biology*.
<https://doi.org/10.1186/s12870-025-06294-bp>
- Dev, I., Ram, A., Ahlawat, S. P., et al. (2020). Bamboo-based agroforestry system (*Dendrocalamus strictus* + sesame–chickpea) for enhancing productivity in semi-arid tropics of central India. *Agroforestry Systems*, 94, 1725–1739. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00492-8> Indian Agricultural Research Journals+2CIFOR-ICRAF+2SpringerLink+2
- Dransfield, S., & Widjaja, E. A. (1995). *Plant Resources of South-East Asia No 7: Bamboos*. PROSEA Foundation.
- Düking, S., et al. (2022). Life cycle assessment of bamboo products: Review and harmonization. *Science of the Total Environment*, 859, 160282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160282>
- Dwivedi, A. K., Baredar, P., & Baredar, M. O. P. (2021). Carbon sequestration potential of commercial agroforestry systems: A review. *Forests*, 14(3), 559. <https://doi.org/10.3390/f14030559>
- Dwivedi, A. K., Baredar, P., & Prashant, O. P. (2015). Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation*, 3, 654–663.
- Dwivedi, A. K., et al. (2015). Carbon sequestration potential of bamboo plantations. *Global Ecology and Conservation*, 3, 654–663.
- Ekawati, D., Karlinasari, L., Soekmadi, R., & Machfud, M. (2022). The status of bamboo research and development for sustainable use in Indonesia: A systematic literature review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1109(1), 012100. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012100>
- El Bassam, N. (2001). *Handbook of bioenergy crops: A complete reference to species, development and applications*. Earthscan.

- Ellen MacArthur Foundation. (2017). Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.
- Embaye, K., Weih, M., Ledin, S., & Christersson, L. (2005). Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 204(2–3), 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.09.018>
- Embaye, K., Weih, M., Ledin, S., & Christersson, L. (2005). Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for sustainable management. *Forest Ecology and Management*, 204(2–3), 159–169. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.09.018>
- FAO. (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005*.
- Fauziyah, E., & Sanudin. (2020). Bamboo, farmer motivation on cultivation and its affecting factors. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 935, 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/935/1/012008>
IOPscience
- Forest management and carbon sequestration studies: Zhao, X., et al. (2021). *Advances in Forest Management Research in the Context of Carbon Neutrality*. *Forests*, 13(11), 1810.
- Ghimire, B. (2008). Bamboo resources and utilization in Asia. *Journal of Bamboo and Rattan*, 7(3–4), 215–226.
- Ghimire, H. (2008). Bamboo for sustainable livelihood development. *International Journal of Bamboo and Rattan*, 7(1&2), 1–10.
- Global Change Ecosystems Research. (2000). *Carbon Cycle Overview and Its Role in Climate Change*.
- Gonzalez, M. E., & Fisher, J. B. (2020). Root anatomy and function in tropical woody bamboos. *Annals of Botany*, 125(6), 989–1002. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aob/mcz204>
- Grand View Research. (2021). *Indonesia bamboos market size, share & trends analysis 2021–2028*.

- GTOS. (2009). Biomass assessment: Monitoring forest degradation. FAO Global Terrestrial Observing System.
- Hairiah, K., Sitompul, S.M., van Noordwijk, M., Cadisch, G. (2011). Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(3), 435–450.
- Hanim, R., Roslan, M. K., & Arshad, A. M. (2010). Sustainable harvesting of bamboo: A case study in Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(4), 417–425. <https://www.jstor.org/stable/23616767>
- Haryoso, A., Zuhud, E. A. M., Hikmat, A., Sunkar, A., & Darusman, D. (2020). Ecological aspects and regeneration of sugar palm in the Sasak community gardens of Kekait village, West Nusa Tenggara, Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 26(1), 1–12. <https://doi.org/10.7226/jtfm.26.1.1>
- He, X., Liu, Y., & Ni, H. (2025). Silkworm excrement organic fertilizer substitution compound fertilizer improves bamboo shoot yield by altering soil properties and bacterial communities. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1550946>
frontiersin.org
- He, Y., Isagi, K., & et al. (2007). Carbon sequestration in Moso bamboo plantations. *Forest Ecology and Management*, 252, 113–122.
- Herdianto Lantemona, H. L. (2013). Impact of Altitude and Seasons to Volume, Brix Content, and Chemical Composition of Aren Sap in North Sulawesi. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 4(2), 42–48. <https://doi.org/10.9790/2402-0424248>
- Hikmah, Daud, M., Andi, & Baharuddin. (2021). Nesting Habitat and Honey Production of Asiatic Honey Bees (*Apis cerana*) In The Protected Forest In Enrekang Regency, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and*

- Environmental Science, 886(012111), 1–6.
<https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/886/1/012111>
- Hogarth, N. J. (2006). Bamboo in Vietnam: Socio-economic and environmental issues and potential for community-based forest management (Doctoral dissertation, University of Adelaide).
- Huang, Y., et al. (2023). The phytolith carbon sequestration in terrestrial ecosystems: the underestimated potential of bamboo forest. *Ecological Processes*, 12, 76.
<https://doi.org/10.1186/s13717-023-00476-3>
- Igbokwe, G. O., Zubairu, Y. G., & Bello, A. G. (2016). Application of agroforestry techniques in the management of bamboo. *International Journal of Sustainable Agricultural Research*, 3(1), 29–34.
<https://doi.org/10.18488/journal.70/2016.3.1/70.1.29.34>
 archive.conscientiabeam.com
- INBAR (International Bamboo and Rattan Organisation). (2018). *Bamboo as a Sustainable Resource: Guidelines for Plantation Management*. INBAR, Beijing, China
- INBAR (International Bamboo and Rattan Organisation). (2018). *Bamboo as a Biomass Energy Resource*. INBAR, Beijing, China
- INBAR (International Bamboo and Rattan Organisation). (2018). *The Climate Change Mitigation and Adaptation Potential of Bamboo*. INBAR, Beijing, China
- INBAR Africa. (2019). *Bamboo as a Fuel for Clean Cooking in Sub-Saharan Africa*. INBAR, Beijing, China
- INBAR. (2009). *Bamboo and climate change mitigation*. International Network for Bamboo and Rattan. INBAR, Beijing, China
- INBAR. (2013). *Manual for bamboo forest carbon assessment*. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR).
<https://www.inbar.int/resources/manual-for-bamboo-forest-carbon-assessment>

- INBAR. (2019). *Bamboo for Climate Change Adaptation: Policy Recommendations for ASEAN*. INBAR, Beijing, China
- INBAR. (2020). *China's Bamboo Development: Lessons for the World*. INBAR, Beijing, China
- INBAR. (2020). *Environmental Benefits of Bamboo: Carbon Sequestration and Land Restoration*.
- INBAR. (2022). *Bamboo and Rattan Statistics: Trade and Market Trends 2021–2022*. INBAR, Beijing, China
- International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). (2020). *Carbon sequestration and carbon emissions reduction through bamboo forests and products*. INBAR Technical Report. INBAR, Beijing, China
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *Climate Change: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press.
- Iris Publishers. (2023). *Characterization of morphological and microstructural properties of bamboo species for composite industry*. ICBC Journal.
- Irwan Wirajaya, Rismania Tiara Milenia, Irwan Hidayat, Bagus Satrialdy Azhar, A A Istri Adeka Saputri, Lidya Saraswati Dellaneyra, Arya Hidayat, Ni Putu Ayu Aprila Andra Kumara, Kurniati, Septiana Dewi Putri, Titi Andriani, Talia Wandiyani, & Baiq Farista. (2022). *Pendampingan Dalam Produksi dan Pemasaran Gula Aren Cair di Desa Kekait, Kecamatan Gunungsari Kabupaten Lombok Barat*. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(2), 37–41. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v5i2.1559>
- Isagi, K., et al. (1993). *Carbon accumulation in Moso bamboo in Japan*. *Journal of Wood Science*, 39, 279–286.
- Isagi, Y., Kawahara, T., Kamo, K., & Ito, H. (1997). *Net production and carbon cycling in a bamboo (Phyllostachys pubescens) grove*. *Ecological Research*, 12(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/BF02523772>

- Iskandar, J., & Ellen, R. (2000). The Role of Traditional Ecological Knowledge in Forest Resource Management: The Case of the Baduy Community. *Journal of Ethnobiology*, 20(1), 33–56.
- Jamaluddin, Hajawa, Hasanuddin, Daud, M., Naufal, N., & Nirwana. (2023). Kearifan Lokal Dalam Pengelolaan Hutan Di Hutan Adat Marena Di Desa Pekalobean Kecamatan Anggeraja Kabupaten Enrekang. *Journal of Forest Services*, 1(1), 47–61.
- Jenkins, B. M., et al. (2010). Biomass energy applications and implications. *Biomass and Bioenergy*, 34(7), 923–937.
- Johnson, E. A. (2008). Ecological Structure and the Role of Interactions in Forest Dynamics. *Journal of Wood Science*. (2024). Fiber morphological characteristics of bamboo *Ferrocalamus strictus* culms.
- Kementerian Koperasi dan UKM. (2022). Profil UMKM Bambu di Indonesia.
- Kikky Vuspitasari, B., Veneranda Rini Hapsari, & Shanti Veronica Br Siahaan. (2023). The role of women in supporting the economy through woven bamboo. *Journal of Economic and Business Analysis*, 1(1), 54–61.
- Kim, N. H. (2009). Proximate and ultimate analysis of bamboo. *Bioresource Technology*, 100(24), 6436–6441. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.096>
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharrntke, T. (2003). Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 90(1), 153–157. <https://doi.org/10.3732/ajb.90.1.153>
- Kleinheinz, G. T., et al. (2000). Morphological characteristics of bamboo species for environmental applications. *Environmental Reviews*, 8(1), 65–77.
- Kleinhenz, V., & Midmore, D. J. (2001). Aspects of bamboo agronomy. *Advances in Agronomy*, 74, 99–153. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)74031-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)74031-1)
- Krisdianto, D., Martawijaya, A., & Soerianegara, I. (2000). *Pedoman Silvikultur Tanaman Bambu*. Pusat Penelitian

- dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan dan Perkebunan.
- Krisdianto, G. Sumarni, dan A. Ismanto. 2000. Sari Hasil Penelitian Bambu. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Krisdianto, S., Supriyanto, B., & Hartono, R. (2000). Bambu: Pemanfaatan dan Prospeknya. Balai Penelitian Kehutanan.
- Kuehl, Y., Li, Y., & Henley, G. (2013). Impacts of selective harvest on the carbon sequestration potential in Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) plantations. *Forests, Trees and Livelihoods*, 22, 1–18.
- Kuehl, Y., Lobovikov, M., & van der Lugt, P. (2021). Unlocking the potential of bamboo for sustainable development. *Forest Policy and Economics*, 132, 102587. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102587>
- Kumar, B. M., George, S. J., & Chacko, K. C. (2010). Carbon stock in biomass and soil of tropical homegardens. *Agroforestry Systems*, 78(2), 171–179. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9218-5>
- Kumar, M., Chaudhry, P., & Arora, A. (2010). Bamboo as a carbon sink: Opportunities and challenges. *Environmental Science & Policy*, 13(6), 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.06.002>
- Kusrini, N., Silitonga, Y. R., Heryanto, R., & Pasang, M. S. (2023). Manisnya Potensi Aren dari Tanah Mandar. *Warta BSIP Perkebunan*, 1(2), 8–12.
- Kusumah, S. S., Ruslan, M., Daud, M., Wahyuni, I., Darmawan, T., Amin, Y., Massijaya, M. Y., & Subiyanto, B. (2011). Pengembangan papan komposit dari limbah perkebunan sago (*Metroxylon sago* Rottb.). In Seminar Nasional MAPEKI XIV. Universitas Gadjah Mada, 3–4 November 2011.
- Laemlaksakul, W., Kerdsoomboon, K., & Eiamsa-ard, S. (2006). Growth performance of bamboo species under

- varying conditions. *Bioresource Technology*, 97(4), 762–765. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.030>
- Lai, M. L., Ko, C. H., & Lin, C. C. (2006). Carbon sequestration potential of bamboo species. *Journal of Environmental Management*, 80(3), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.006>
- Laksananny, S. A., & Pujirahayu, N. (2017). Analisis kelayakan usahatani tanaman Aren (*Arenga pinnata* Merr) genjah pada sistem agroforestry di kawasan tahura Nipa-Nipa Kendari. *Ecogreen*, 3(1), 33–39.
- Lal, R. (2008). Carbon Sequestration. In: Lorenz, K., Lal, R., & Felix, N. (2010).
- Lantemona, H. (2015). The Effect of Yeast Amounton Aren Sap to the Patterns of Growth and Development of Yeast During Fermentation. *IOSR Journal of Applied Chemistry Ver. II*, 8(2), 1–5. <https://doi.org/10.9790/5736-08220105>
- Lewis, M. (2000). *Bamboo forestry in Asia and the Pacific: A manual for extension officers*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. <https://www.fao.org/3/x2450e/x2450e00.htm>
- Lewis, M. (2000). *Bamboo forestry in Asia and the Pacific: A manual for extension officers*. FAO.
- Li, R., Werger, M. J. A., & de Kroon, H. (1998). Carbon and nutrient dynamics in relation to growth in *Phyllostachys pubescens*. *Plant Ecology*, 135(1), 41–52. <https://doi.org/10.1023/A:1009760515927>
- Liese, W. (2009). *Bamboo: The Plant and Its Uses*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-52141-7>
- Liese, W., & Kohl, M. (2015). *Bamboo: The Plant and its Uses*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14133-6>
- Liese. 1980. *Bamboos Biology, Silvics Properties, Utilization*. Gesellschaft Technische Zusammenarbeit Schriftenreihe, Eschborn.

- Linville, D. E., Tietenberg, T. H., & Widjaya, E. A. (2000). Ecological characteristics of bamboo in Southeast Asia. *Journal of Tropical Forest Science*, 12(4), 719–734.
- Littlewood, J., Wang, L., Turnbull, C., & Murphy, R. J. (2013). Techno-economic potential of bioethanol from bamboo in China. *Biotechnology for Biofuels*, 6, 173. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-6-173>
- Londoño, X., et al. (2002). Characterization of bamboo species and other biomasses with potential for thermal energy generation. *Revista Forestal*, 53, 110–121.
- Lorenz, K., Lal, R., & Felix, N. (2010). Carbon Sequestration in Forest Soils. *Forest Ecology and Management*, 260(4), 442–453.
- Lou, Y., He, Q., & Li, X. (2023). Bamboo forest as a nature-based solution for carbon neutrality: A review of mechanisms and global potential. *Journal of Cleaner Production*, 417, 138067. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138067>
- Lv, Z.-G., et al. (2020). Effects of management practices on PhytOC storage in Moso bamboo forests. *Frontiers in Plant Science*, 11, 591852. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.591852>
- Malanit, P. (2009). Development of laminated bamboo lumber and its economic potential in Thailand (Ph.D. Thesis). Technische Universität Dresden.
- Malhi, Y., et al. (1999). Forest Carbon Stocks and Fluxes in the Tropics. *Science*.
- Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. (2015). *Global Ecology and Conservation*, 3, 654–663. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.03.002>
- Markum, Ichsan, A. C., Saputra, M., Lestari, A. T., & Anugrah, G. (2021). The patterns of agroforestry: The implementation and its impact on local community income and carbon stock in Sesaot Forest, Lombok, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science, 917(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/917/1/012043>
- Martawijaya. 1997. Kayu dan Bambu untuk barang kerajinan. Laporan LPHH No. 76. Departemen Pertanian, Bogor.
- Ma'ruf, H. (2020). Arsitektur Tradisional Toraja: Kajian Material Lokal dan Nilai Ekologis.
- Mayasari, K., Yunus, M., & Daud, M. (2015). Efektivitas pengawetan bambu untuk bahan material rumah apung Danau Tempe di Sulawesi Selatan. *Jurnal Permukiman*, 10(2), 118–129.
- Midmore, D. J. (2009). Bamboo in the global and Australian context: Opportunities and challenges. Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
- Midmore, D. J. (2009). Bamboo in the global and Australian context: Opportunities and challenges. Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
- Morisco, M. (1996). *Teknologi Konstruksi Bangunan Bambu*. Penerbit Kanisius.
- Morisco. 1996. *Teknik Konstruksi Bambu*. Fakultas Teknik Universitas Gadjadara, Yogyakarta
- Morphological Analysis of Several Bamboo Species with Potential Structural Applications. (2023). *Polymers*, 13(13), 2126.
- Nair, P. K. R. (1993). *An Introduction to Agroforestry*. Springer Science & Business Media.
- Nath, A. J., & Das, A. K. (2009). Above- and below-ground biomass and carbon stocks in bamboo and dipterocarp forests of Assam, Northeast India. *International Journal of Ecology & Environmental Sciences*, 35(1), 33–42.
- Nath, A. J., Das, A. K., & Das, G. (2009). Above ground standing biomass and carbon storage in village bamboo grove of Barak Valley, Assam. *Journal of Environmental Biology*, 30(5), 685–688.
- Nath, A. J., Das, G., & Das, A. K. (2009). Biomass and carbon stock of a traditionally managed bamboo (*Dendrocalamus strictus*) forest of Assam, northeast India. *International*

- Journal of Ecology and Environmental Sciences, 35(3), 189–195.
- Nath, A. J., Lal, R., & Das, A. K. (2015). Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation*, 3, 112–123.
- Nath, C., & Das, A. (2015). Soil carbon sequestration in bamboo agroforestry. *Agroforestry Systems*, 89(5), 815–826.
- Nath, C., & Das, A. (2015). Soil organic carbon sequestration in bamboo agroforestry in Northeast India. *Agroforestry Systems*, 89(5), 815–826.
- Novriandi, A., Hikmah, Daud, M., Sribianti, I., Muthmainnah, Abdullah, M. A., Sultan, & Ariandi, R. (2023). Analisis Pendapatan Masyarakat Dari Pengolahan Gula Aren (*Arenga pinnata*) Pada Hutan Rakyat Pola Agroforestry Di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang. *Journal of Forest Services*, 1(1), 1–8.
- Nowak, D. J., Poudyal, N. C., & McNulty, S. G. (2017). Forest ecosystem services: Carbon and air quality. In *Trees at work* (USDA Gen. Tech. Rep. SRS-226).
- Nur, L. (2019). Pola Pemanfaatan Bambu dan Tantangannya di Wilayah Pegunungan Gowa. Disertasi Universitas Hasanuddin.
- Olander, L., Gibbs, H., Steininger, M., Swenson, J., & Murray, B. (2009). Reference scenarios for deforestation and forest degradation in support of REDD: A review of data and methods. *Environmental Research Letters*, 4(4), 044006.
- Pambudi, N. A. (2008). Potensi bambu sebagai sumber energi biomassa. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 4(2), 33–42.
- Pan, Y., et al. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 333(6045), 988–993.
- Pan, Y., Zhang, H., & Liu, Q. (2023). Comparative carbon sequestration of bamboo and tree plantations: A meta-analysis. *Climate*, 11(1), 111. <https://doi.org/10.3390/cli11010111>

- Pandey, D., Brown, C., & Ball, J. (2008). Forest products and economic development: Bamboo as a sustainable resource. *Forest Policy and Economics*, 10(2), 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2007.07.003>
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513–1524. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>
- Peixoto, C. (2021). Elevated efficiency of C₃ photosynthesis in bamboo grasses: A possible consequence of enhanced refixation of photorespired CO₂. *GCB Bioenergy*, 13(8), 1206–1218. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12819>
- Picard, N., Saint-André, L., & Henry, M. (2012). Manual for building tree volume and biomass allometric equations: From field measurement to prediction. FAO and CIRAD.
- Pradityatama, M., Kurnia, F., Suteja, S., & Kusuma, A. A. N. N. (2024). Pemanfaatan Olahan Air Nira Menjadi Gula Aren Briket di Desa Sesaot, Lombok Barat. *Jurnal Karya Pengabdian*, 6(1), 13–20. <https://doi.org/10.29303/jkp.v6i1.169>
- Prayogo, C., Muthahar, C., & Ishaq, R. M. (2021). Allometric equation of local bamboo for estimating carbon sequestration of bamboo riparian forest. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 905(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/905/1/012002>
- Rahayu, A. A. D., Leksono, B., Asmaliyah, Krisnawati, Rianawati, H., Umroni, A., Haryjanto, L., Widyatmoko, A. Y., Putri, A. I., Sudomo, A., Hani, A., Octavia, D., Andini, S., Khotimah, H., Mudhofir, M. R. T., Anggadhanita, L., Winarni, I., Astarini, I. A., Artati, Y., & Baral, H. (2025). The potential of *Arenga pinnata* (Wurmb) Merr. for enhancing soil health, food, energy, and water security in Indonesia: A comprehensive review.

- Trees, Forests and People, 20(February), 100808.
<https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100808>
- Rahayu, S., Hairiah, K., & van Noordwijk, M. (Tahun tidak disebutkan). Estimasi Cadangan Karbon di Lahan Hutan Tropis.
- Rahayu, S., Kusmana, C., & Sari, D. K. (2020). The role of fast-growing species for carbon stock enhancement in degraded land. *Biodiversitas*, 21(4), 1456–1464.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d210425>
- Rahman, M., & Syahrir, M. (2021). Analisis Dampak Lingkungan Pengelolaan Bambu di Sulawesi Selatan. *Jurnal Kehutanan Nusantara*, 7(2), 101–115.
- Rahman, M., Syahrir, M., & Yusuf, A. (2021). Pemanfaatan dan Pelestarian Bambu di Sulawesi Selatan. *Jurnal Kehutanan Tropis*, 9(2), 65–72.
- Rahmawati, I., Subandriyo, B., & Kertiwa, B. (2020). Peran vegetasi bambu dalam pengendalian erosi di DAS Hulu Citarum. *Jurnal Sumber Daya Hutan*, 5(1), 21–30.
- Rahmawati, I., Subandriyo, B., & Kertiwa, B. (2020). Peran vegetasi bambu dalam pengendalian erosi di DAS Hulu Citarum. *Jurnal Sumber Daya Hutan*, 5(1), 21–30.
- Ramanantoandro, T., et al. (2022). Bamboos (Bambusiadeae): plant resources with ecological, socio-economic and cultural virtues: A review. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 20, 4.
- Ramli, M., M.Tahnur, Naufal, N., Hikmah, & Daud., M. (2023). Perbandingan Rendemen Proses Produksi Benang Ulat Sutera Ras Cina Dan Ulat Sutera F1 Kampung Sabbe'ta Desa Pising Kecamatan Donri-Donri Kabupaten Soppeng. *Journal of Forest Services*, 1(1), 37–46.
- Rijal, H. B., Zuraimi, M. S., & Jaafar, M. N. (2022). Assessing the governance and challenges of private forest management in tropical Asia. *Forest Policy and Economics*, 139, 102741.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2022.102741>

- Risna, R., Daud, M., Hikmah, H., & Baharuddin, B. (2023). Analisis Pendapatan Masyarakat Dari Madu Hutan Di Kecamatan Kindang Kabupaten Bulukumba. *Journal of Forest Services*, 1(2), 1–12.
- Rogner, H.-H., Zhou, D., Bradley, R., Crabbe, P., Edenhofer, O., Hare, B., ... Yamaguchi, M. (2007). Introduction. In B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, & L. A. Meyer (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change* (pp. 95–116). Cambridge University Press.
- Ruslan, M., & Daud, M. (2014). Papan semen komposit dari limbah kelapa (*Cocos nucifera* L.) pada berbagai variasi ukuran dan bentuk partikel. Workshop Balai Penelitian Teknologi Perumahan Tradisional Makassar
- Ruslan, M., Daud, M., Latief, L., Pratama, W., & Firmanti, A. (2012). Ketahanan dari serangan rayap tanah dari bambu yang diawetkan dengan boron dengan metode modified Boucherie (MoBooRi). In Seminar Nasional MAPEKI XV. Makassar, 6–7 November 2012.
- Ruslan, M., Daud, M., Muin, M., & Firmanti, A. (2012). Efektivitas pengawetan bambu menggunakan boron dengan metode modified Boucherie (MoBooRi). Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Makassar.
- Ruslan, M., Daud, M., Muin, M., Latief, L., & Firmanti, A. (2012). Resistance of boron-treated bamboos using a modified Boucherie method against beetles. In 4th International Symposium of Indonesian Wood Research Society. Quality Plaza Hotel, Makassar, 7–8 November 2012.
- Salim, E. (2005). Peran Vegetasi dalam Mitigasi Perubahan Iklim.
- Samalca, R. (2007). Estimating Forest Biomass Using Remote Sensing. CIFOR.
- Samrin, S., Millang, S., Ridwan, & Daud, M. (2024). Land Productivity and Land Equivalent Ratio of Agroforestry

- System in Marena Customary Forest, Enrekang Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 12(2), 532–548.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jsl.v12i2.877>
- Sanusi, W. (1997). Fotosintesis dan peranan karbon dalam biomassa tanaman. *Jurnal Biologi Indonesia*, 3(2), 67–74.
- Sari, R. N., Hikmah, Daud, M., Hasanuddin, Sultan, Nirwana, Naufal, N., & Samrin, S. (2024). Analisis Kelembagaan Kelompok Tani Hutan Pada Area Hutan Kemasyarakatan Di Desa Anrang Kecamatan Rilau Ale Kabupaten Bulukumba. *Journal of Forest Services*, 2(1), 41–51.
- Schott, M. (2006). Bamboo as a sustainable alternative: Chemical properties and applications. *Wood Science and Technology*, 40, 647–656.
<https://doi.org/10.1007/s00226-006-0096-3>
- Scurlock, J. M. O., Dayton, D. C., & Hames, B. (2000). Bamboo: An overlooked biomass resource? *Biomass and Bioenergy*, 19(4), 229–244.
[https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00038-6)
- Sedjo, R. A., Solomon, A. M., & Brown, S. (1988). The role of forest plantations in the global carbon cycle. *Environmental Science & Technology*, 22(5), 549–554.
<https://doi.org/10.1021/es00170a601>
- Semi-arid forestation sequestration: Qubaja, R., et al. (2022). Potential Global Sequestration of Atmospheric Carbon....
- Shanmughavel, P., & Francis, K. (1996). Productivity rates of sympodial bamboo species. *Journal of Tropical Forest Science*, 8, 259–267.
- Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. H. (2018). Engineered bamboo for sustainable construction. *Construction and Building Materials*, 174, 956–963.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.165>
- Simatupang, U. C. J., Sinaga, A. H., & Gea, B. J. P. (2023). Study Nilai Tambah Air Nira Menjadi Gula Merah Di Desa Buluh Awar, Kecamatan Sibolangit, Kabupaten

- Deli Serdang. *Jurnal Darma Agung*, 31(3), 112.
<https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i3.3410>
- Singh, A., Sharma, P., & Das, P. (2018). Empowering Women Through Bamboo Enterprise in North-East India.
- Singh, K. P., & Singh, J. S. (1998). *Forests of Himalaya: Structure, functioning and impact of man*. Gyanodaya Prakashan.
- Singnar, P., Rethy, P., Sahoo, U. K., & Upadhyaya, K. (2017). Estimation of belowground biomass and carbon stock of selected bamboo species in North-East India. *Current Science*, 113(1), 151–156.
<https://doi.org/10.18520/cs/v113/i01/151-156>
- Singnar, P., Rethy, P., Sahoo, U. K., & Upadhyaya, K. (2017). Estimation of belowground biomass and carbon stock of selected bamboo species in North-East India. *Current Science*, 113(1), 151–156.
<https://doi.org/10.18520/cs/v113/i01/151-156>
- Sohel, M. S. I., Alamgir, M., Akhter, S., & Rahman, M. (2015). Carbon storage in a bamboo (*Bambusa vulgaris*) plantation in the degraded tropical forests: implications for policy development. *Environmental Management*.
- Stapleton, C. M. A., Dransfield, S., & Widjaja, E. A. (1997). Bamboo silviculture and management. *Journal of Bamboo and Rattan*, 1(1), 1–16.
- Stapleton, C. M. A., Vorontsova, M. S., & Dransfield, S. (1997). Ecological implications of bamboo harvesting: Regeneration and management. *Journal of Bamboo and Rattan*, 1(2), 127–138.
- Stern, N. (2002). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Sulistyowati, C. A. 1997. Pengawetan Bambu. *Majalah Wacana*. Edisi No.6/ Januari - Pebruari 1997
- Sulthoni, A. (1983). *Bambu sebagai Sumber Daya Hutan Tropika*. Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Hasil Hutan.

- Sulthoni, A. (1994). *Bambu dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Daya Terbarukan*. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.
- Sulthoni, A. 1994. *Permasalahan Sumber Daya Bambu di Indonesia*. Yayasan Bambu Lingkungan Lestari, Bogor.
- Supriyanto, B., Muttaqin, Z., & Rusli, A. R. (2023). The potential of bamboo and the contribution of bamboo craftsmen to the community's income in Cibadak Village, Bogor City, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(10), 5796–5807. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241062>
- Sutaryo. (2009). Biomassa dan cadangan karbon hutan tropika Indonesia. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 5(2), 87–101.
- Sutrisno, E. (2020). Peran Perhutanan Sosial dalam Restorasi Ekosistem Bambu di Jawa Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(3), 87–100.
- Sutrisno, E. (2021). Urgensi Kebijakan Nasional dalam Konservasi Hutan Bambu. *Jurnal Politik dan Kebijakan*, 6(1), 77–90.
- Suyanto, S., Wulandari, C., & Sari, D. A. P. (2022). Pengembangan agroforestri bambu untuk mitigasi perubahan iklim dan peningkatan pendapatan petani. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 12(2), 145–154.
- Suyanto, S., Wulandari, C., & Sari, D. A. P. (2022). Strategi pengelolaan bambu secara partisipatif di lahan rakyat. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 12(2), 145–154.
- Suzuki, F., Rossi, F., et al. (2024). Carbon sequestration in a bamboo plantation: Mediterranean case. *Journal of Forestry Research*.
- Teobaldelli, L., et al. (2010). Valuing Ecosystem Services from Forests. *Environmental Science & Policy*.
- Thokchom, S., Haque, A., & Das, S. (2021). Bamboo forest management: Challenges and policy interventions in India. *Forest Ecology and Management*, 482, 118889. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118889>

- Tippayawong, N., et al. (2010). Characteristics of bamboo as a renewable biomass resource. *Renewable Energy*, 35(12), 2593–2600. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.04.007>
- UNIDO. (2021). *Empowering Bamboo-Based SMEs for Inclusive Green Economy*.
- Van der Lugt, P. (2008). *Design interventions for stimulating bamboo commercialization*. TU Delft.
- Van der Lugt, P., Van den Dobbelsteen, A., & Janssen, J. (2006). An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures. *Construction and Building Materials*, 20(9), 648–656. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.02.023>
- van der Lugt, P., van den Dobbelsteen, A., & Janssen, J. J. A. (2019). *Bamboo as an inclusive solution for sustainable development*. World Bamboo Organization.
- Van der Lugt, P., Vogtländer, J., Brezet, H., & van der Laan, J. (2018). Bamboo as a sustainable construction material: Life cycle assessment and carbon footprint. *Construction and Building Materials*, 193, 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.192>
- Wahyuddin, Nirwana, Daud, M., & Naufal, N. (2023). Potensi Pemanfaatan Tumbuhan Bawah Dan Epifit Dari Hutan Lindung Sebagai Tanaman Hias Di Desa Latimojong Kecamatan Buntu Batu Kabupaten Enrekang. *Journal of Forest Services*, 62–72.
- Wahyuni Haris, S. (2020). Analisis Pendapatan Usaha Gula Aren Di Desa Gantarang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Perennial*, 16(1), 18–25. <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i1.9116>
- Wang, D. (2006). *Management of bamboo forest in Asia and the Pacific*. Asia-Pacific Forestry Commission, FAO.
- Wang, S. et al. (2013). *Bamboo is one of the important plants [...] Indonesia*. Biodiversitas.

- Wardoyo, T. (2009). Peran hutan dalam mitigasi perubahan iklim global. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 6(2), 127–139.
- Watson, J. E. M., et al. (2007). Forest carbon monitoring: A framework for effective climate policy. *Global Environmental Change*, 17(3–4), 345–357.
- Watson, R.T., et al. (Tahun tidak disebutkan). *Land Use, Land-Use Change and Forestry: IPCC Special Report*.
- Wei, W. J., Wang, B., Liu, C. J., You, W. Z., Niu, X., & Man, R. Z. (2013). Biomass and carbon stock in Moso bamboo forests in subtropical China: characteristics and implications. *Journal of Tropical Forest Science*, 25(1), 137–148.
- Why is the bamboo industry important? (2024, October 28). Rebo Bamboo. Retrieved from <https://www.rebo-bamboo.com/news/why-is-the-bamboo-industry-important>
- Widjaja, E. A. (2001). *Bambu: Jenis dan Pemanfaatannya*. Puslitbang Biologi-LIPI.
- Widjaja, E. A. (2019). Bamboo diversity of Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(1), 91–109. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200112>
- Widjaya, E. A. (2001). *Taksonomi dan Ekologi Bambu Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Widjaya, E. A., Wibowo, A., & Supriyanto, B. (2005). *Bambu Indonesia: Sumber Daya dan Potensinya*. Pusat Litbang Hasil Hutan.
- World Bamboo Organization. (2020). *Creative Uses of Bamboo in Modern Design*.
- Xiao, Y. (2001). Integrated bamboo forest management for multiple uses: A review. *Forest Ecology and Management*, 150(1–2), 41–49. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00680-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00680-1)

- Xu, H., et al. (2018). Carbon stock of Moso bamboo forests along a latitudinal gradient in subtropical China. *PLoS ONE*, 13(2), e0193024
- Xu, J., Chen, X., & Jiang, H. (2018). Carbon sequestration across bamboo forests in China. *Forest Ecology and Management*.
- Xu, J., et al. (2007). Biomass and carbon stock estimation in bamboo forests. In Yiping et al., *Bamboo and Climate Change Mitigation*. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR).
- Xu, M., Ji, H., & Zhuang, S. (2018). Carbon stock of Moso bamboo forests along latitude gradient. *PLoS One*, 13(2), e0193024.
- Xu, P.-K., Jiang, P.-K., Chang, S. X., Zhang, Y., & Ying, Y.-Q. (2014). Production of carbon occluded in phytolith is season-dependent in a bamboo forest. *PLOS ONE*, 9(9), e106843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106843>
- Yadav, J. S. P. (1963). Soil conservation and bamboo vegetation. In *Proceedings of the Symposium on Soil Conservation in India* (pp. 122–135). Indian Council of Agricultural Research.
- Yang, Y., Liu, Q., & Luo, J. (2021). Aboveground biomass and carbon stock estimation of bamboo forest using remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 259, 112406. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112406>
- Yen, J. C., & Lee, C. (2011). Carbon sequestration capacity of Moso bamboo compared to fir and tropical rainforest. *Science of the Total Environment*, 409(23), 5015–5021.
- Yen, T. M., Ji, Y. J., & Lee, J. S. (2011). Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo and China fir forests based on the allometric model. *Forest Ecology and Management*, 261, 995–1002. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.002>
- Yiping, L., Yanxia, L., Buckingham, K., Henley, G., & Guomo, Z. (2010). Bamboo and climate change mitigation: A comparative analysis of carbon

- sequestration. International Network for Bamboo and Rattan
- Yudani, P. (2021). Kearifan Lokal dalam Konservasi Hutan Bambu: Studi Kasus Penglipuran. *Jurnal Sosiologi Alam*, 4(1), 45–56.
- Yudho, F. H. P. (2021). Peningkatan Mutu Dan Pemasaran Gula Aren. *Journal of Empowerment*, 2(1), 150. <https://doi.org/10.35194/je.v2i1.1231>
- Yuen, J. Q., Fung, T., Ziegler, A. D., & Webb, E. L. (2017). Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide: Estimates and uncertainties. *Forest Ecology and Management*, 393, 113–138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.017>
- Yuen, J. Q., Fung, T., Ziegler, A. D., & Webb, E. L. (2017). Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide: Estimates and uncertainties. *Forest Ecology and Management*, 393, 113–138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.03.017>
- Zhang, Y., Wang, L., & Wang, Q. (2023). Growth dynamics & biomass accumulation in subtropical bamboo. *BMC Plant Biology*, 23, 288.
- Zhao, H., Liu, X., & Zhang, D. (2019). High-performance engineered bamboo: Current development and future prospect. *Construction and Building Materials*, 208, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.143>
- Zheng, X., & et al. (2014). Phytolith carbon sequestration in Chinese bamboo. *Chinese Science Bulletin*, 59, 4816–4822.
- Zuhud, E. A. M., Al Manar, P., Zuraida, & Hidayati, S. (2020). Potency and Conservation of Aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) in Meru Betiri National Park, East Java-Indonesia. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 26(3), 212–221. <https://doi.org/10.7226/JTFM.26.3.212>

PROFIL PENULIS



Ir. M. Daud, S.Hut., M.Si., IPM, C.EIA, CSOPA, CETP, lahir di Bisang, Enrekang, Sulawesi Selatan pada tanggal 29 November 1985. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar hingga menengah atas di Enrekang dan melanjutkan studi tinggi di Program Studi Kehutanan Universitas Hasanuddin (UNHAS), lulus sarjana (S1) tahun 2007. Gelar magister (S2) diraih di Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2010. Pada tahun 2020, penulis menyelesaikan program profesi insinyur bidang Teknik Kehutanan di IPB.

Saat ini, penulis menjabat sebagai Kepala Laboratorium Pemanfaatan Hasil Hutan dan Wakil Direktur Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Hutan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Makassar. Selain itu, penulis juga merupakan Editor-in-Chief *Forest Services Journal*. Bidang keahlian penulis meliputi hasil hutan bukan kayu (HHBK), bioenergi, biomassa dan dinamika karbon hutan, mitigasi perubahan iklim, serta analisis dampak lingkungan pada pengolahan hasil hutan. Sebagai akademisi dan peneliti aktif, penulis telah mempublikasikan 83 artikel ilmiah dalam jurnal dan prosiding nasional maupun internasional, serta menerbitkan 13 buku. Penulis aktif memperoleh hibah riset dari lembaga nasional seperti Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI), serta hibah penelitian dari mitra dan institusi internasional, yang mendukung fokus penelitiannya.

Pengalaman organisasi cukup luas, dimulai dari organisasi kepemudaan dan kemahasiswaan seperti Sylva Indonesia, HMI, KMKM, HPMM, RIMPALA, Tree Climber Organization (TCO). Di tingkat organisasi dan pengabdian masyarakat, penulis aktif sebagai anggota pimpinan Lembaga Resiliensi Bencana Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Sulawesi Selatan dan terlibat dalam berbagai organisasi profesi seperti Persatuan Insinyur Indonesia (PII), Persatuan Tenaga Ahli Lingkungan Hidup Indonesia (PERTALINDO), Indonesian Life Cycle Assessment Network (ILCAN), International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), International Bamboo and Rattan Organization (INBAR), Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI), Komunitas Manajemen Hutan Indonesia (KOMHINDO), Masyarakat Konservasi Tanah dan Air (MKTII), serta Climate Reality Project.

Penulis juga memegang berbagai sertifikasi profesional antara lain: Dosen Profesional, Auditor SVLK, Insinyur Profesional Madya (IPM), Auditor Lingkungan, Ketua Tim Penyusun AMDAL (KTPA), Ahli K3 Umum, Analis SOP, Trainer Profesional, Auditor ISO, dan Climate Leader, serta Pendamping Proses Produk Halal. Selain sebagai akademisi, penulis aktif menjadi narasumber pada forum nasional dan internasional, serta menjadi konsultan ahli di bidang kehutanan dan lingkungan, khususnya studi AMDAL, studi kelayakan, audit lingkungan, LCA-PROPER, dan pemberdayaan masyarakat sekitar hutan serta pendidikan perubahan iklim. Penulis telah menyusun 254 AMDAL/Dokumen Lingkungan di Indonesia, dan 65 diantaranya sebagai ketua tim AMDAL kegiatan pada sektor kehutanan dan energi terbarukan.

Berbagai penghargaan telah diraih, antara lain sebagai lulusan terbaik di jenjang SD, SLTP, SMA, dan perguruan tinggi (baik fakultas maupun universitas). Penulis juga mendapat penghargaan sebagai Mahasiswa Pascasarjana Berprestasi IPB, serta penghargaan sebagai Pelopor Insinyur Teregistrasi Bidang Kehutanan dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, dan Climate Leader dari The Climate Reality Project, USA.

Penulis dapat dihubungi melalui email:
muhdaud@unismuh.ac.id
mdaudhammasa@gmail.com



HUNIAN HIJAU

Rendah

EMISI KARBON

Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan
Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu

Buku "*Hunian Hijau Rendah Emisi Karbon: Panduan Pengembangan Unit Produksi Bahan Bangunan Lokal Berbasis Hasil Hutan Bukan Kayu*" mengajak pembaca menapaki jalur baru pembangunan hunian yang ramah lingkungan sekaligus memberdayakan potensi lokal. Di tengah krisis iklim dan ketergantungan pada bahan bangunan konvensional berjejak karbon tinggi, buku ini menawarkan solusi praktis: mengolah hasil hutan bukan kayu (HHBK) menjadi bahan bangunan berkualitas, rendah emisi, dan bernilai ekonomi. Disusun dengan pendekatan ilmiah, aplikatif, dan berpihak pada masyarakat, buku ini memandu langkah demi langkah membangun unit produksi lokal, mulai dari pemilihan material, teknologi tepat guna, desain hunian hijau, hingga strategi pemberdayaan komunitas. Tidak hanya mengupas teknik, buku ini juga mengurai model kelembagaan, jejaring kemitraan, dan peluang pasar yang mampu menjadikan HHBK sebagai motor ekonomi sirkular desa. Lebih dari sekadar panduan teknis, karya ini adalah peta jalan inovasi yang menghubungkan keberlanjutan ekologi dengan kesejahteraan sosial. Dengan membaca buku ini, pembaca akan menemukan bahwa membangun rumah bukan hanya tentang mendirikan bangunan, tetapi juga tentang membangun masa depan yang rendah emisi, berkeadilan, dan berakar pada kearifan lokal



Binarmedia
Berkarya Tanpa Batas



PENERBIT BINAR MEDIA PRATAMA
Tlajah Kidul RT 03 RW 02, Kecamatan Karangreja,
Kabupaten Purbalingga, Provinsi Jawa Tengah
Telp: 0877-9021-8262

binarmediapratama.id
[binar_media_pratama](https://www.instagram.com/binar_media_pratama)
[binar.media.pratama](https://www.facebook.com/binar.media.pratama)

