

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

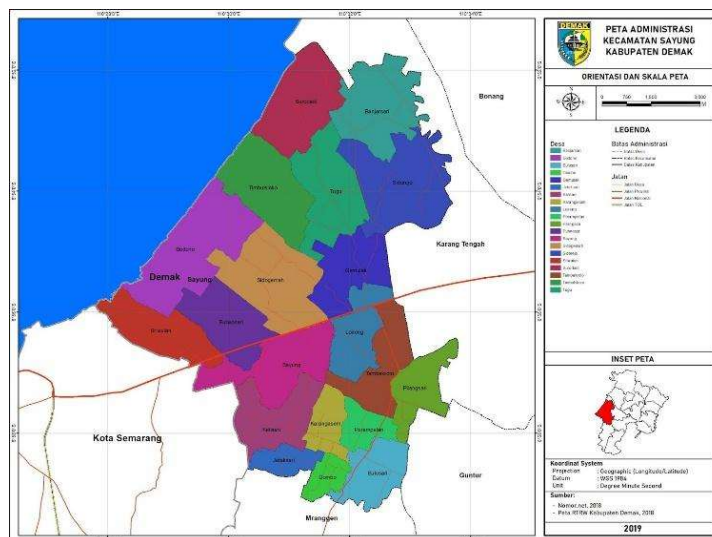
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Tinjauan Geografis

Timbulsloko adalah sebuah desa yang berada di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Desa ini memiliki luas wilayah 461 hektar atau sekitar 5,85% dari total luas wilayah Kecamatan Sayung. Secara geografis, desa ini berbatasan dengan desa-desa lain di Kecamatan Sayung, di antaranya :

- Sebelah Utara : Desa Surodadi
- Sebelah Selatan : Desa Sidogemah dan Desa Gemulak
- Sebelah Timur : Desa Tugu
- Sebelah Barat : Desa Bedono dan Luat Jawa

Gambar 2. 1 Peta Administrasi Desa Timbulsloko



Desa Timbulsloko merupakan desa pesisir yang memiliki garis pantai sepanjang 4,5 km. Topografi wilayah desa ini adalah datar dan elevasi rendah antara 0,3-2,84 meter di atas permukaan laut. Sementara itu, kondisi atau karakteristik pantai yang ada di desa itu terdiri dari pantai berpasir dan pantai berlumpur yang terbentuk oleh proses erosi gelombang, pengendapan sedimen, serta material organik. Lebih jauh lagi, jenis tanah yang ada di desa tersebut adalah lempung lanauan pasiran yang memiliki nilai permeabilitas sebesar $4,268 \times 10$ m/hari.

2.1.2 Komposit Material

Komposit merupakan material rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih unsur penyusun yang berbeda secara fisik maupun kimia, yang ketika digabungkan akan menghasilkan karakteristik yang lebih unggul dibandingkan dengan komponen penyusunnya secara individual (Hull & Clyne, 1996). Unsur-unsur penyusun komposit umumnya terdiri dari fasa penguat (*reinforcement*)

dan fasa matriks (matrix). Fasa penguat berfungsi untuk memberikan kekuatan dan kekakuan pada komposit, sementara fasa matriks berfungsi untuk mengikat fasa penguat, mendistribusikan beban, serta melindungi fasa penguat dari kerusakan lingkungan (Mallick, 2007).

Klasifikasi komposit dapat didasarkan pada jenis fasa penguatnya, seperti komposit berbasis serat (fiber-reinforced composites), komposit berbasis partikel (particulate composites), dan komposit struktural. Dalam konteks penelitian ini, fokus diberikan pada komposit berbasis serat, di mana serat menjadi komponen utama yang memberikan kontribusi pada sifat mekanik. Keunggulan utama komposit dibandingkan material tradisional seperti logam atau kayu adalah rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, kemampuan desain yang fleksibel, serta potensi untuk menargetkan sifat-sifat spesifik sesuai kebutuhan aplikasi (Campbell, 2010).

2.1.3 Bambu



Gambar 2. 2 Bambu

Bambu merupakan material alami yang termasuk dalam keluarga Gramineae (Poaceae), yaitu jenis rumput berkayu dengan pertumbuhan sangat cepat dan struktur serat yang unik. Secara morfologis, batang bambu (*culm*) berbentuk silindris berongga dengan sekat-sekat (*node*) yang memisahkan ruas (*internode*). Struktur ini menjadikan bambu memiliki rasio kekuatan terhadap berat (*strength-to-weight ratio*) yang sangat tinggi dibandingkan dengan kayu konvensional (Mbuge & Gumbe, 2022).

Secara mikroskopis, bambu terdiri atas serat panjang (*fibers*) yang tersusun sejajar arah aksial batang, tertanam dalam matriks lignin dan hemiselulosa, sehingga menjadikannya sebagai komposit alami. Serat bambu mengandung sekitar 60–70% selulosa, 20–25% lignin, dan 10–15% hemiselulosa. Kandungan ini memberikan kekuatan tarik tinggi serta daya tahan terhadap beban lentur, menjadikan bambu potensial sebagai bahan penguat (reinforcement) dalam komposit polimer, resin, maupun konstruksi ringan. (Mbuge, 2020)

Selain itu, bambu bersifat terbarukan, memiliki massa jenis ringan (500–900 kg/m³), dan ramah lingkungan karena dapat tumbuh kembali dalam waktu 3–5 tahun. Dari sisi mekanika bahan, karakteristik kekuatan bambu sangat bergantung pada jenis spesies, kadar air, umur tebang, posisi batang (pangkal, tengah, atau ujung), serta keberadaan simpul (node) yang dapat memengaruhi homogenitas distribusi serat. (Osezuah et al., 2025)

Dalam konteks rekayasa struktur perkapalan, bambu dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar komposit laminasi (resin + serat bambu) untuk bagian struktur pendukung ringan, seperti gading (frame), sekat, atau elemen interior kapal kecil. Penggunaan bambu sebagai serat penguat memiliki keunggulan berupa kekuatan mekanik tinggi, ketersediaan lokal, dan biaya rendah, namun perlu memperhatikan kelemahannya seperti daya tahan terhadap kelembapan dan degradasi biologis yang memerlukan perlakuan tambahan (coating atau impregnasi resin).

Tabel 2. 1 Jenis Serta Kekuatan Bambu

Spesies Bambu	Jenis Pengujian	Kekuatan (MPa)	Kondisi Spesimen	Referensi
<i>Bambusa vulgaris</i>	Tarik	94,3 – 117,8	Dengan & tanpa node	Mbuge & Gumbe (2022) – <i>Journal of Engineering in Agriculture and the Environment</i>
<i>Bambusa vulgaris</i>	Tekan	49,9 – 56,7	Dengan & tanpa node	Mbuge & Gumbe (2022)
<i>Bambusa blumeana</i>	Tekan	76,84	Full culm (bagian atas)	Candelaria & Hernandez (2019) – <i>ASEAN Engineering Journal</i>
<i>Phyllostachys edulis</i>	Tarik serat tunggal	1.770	Serat tunggal (fiber)	Chen et al. (2015) – <i>Journal of Wood Science</i>
Berbagai spesies	Tarik	140 – 280	Batang utuh	<i>International Journal of Structural and Applied Technology</i> (IJSAT, 2025)
Berbagai spesies	Tekan	35 – 65	Variasi spesies	<i>Discover Sustainability</i> (Springer, 2025)

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik bambu berkisar antara 90 – 280 MPa, sedangkan kekuatan tekan berada pada kisaran 35 – 80 MPa tergantung jenis dan kondisi. Nilai ini menunjukkan bahwa bambu memiliki kekuatan tekan setara dengan beberapa kayu keras tropis, bahkan kekuatannya mendekati material komposit sintetis ringan. Kombinasi kekuatan tarik dan tekan yang tinggi ini menjadikan bambu ideal sebagai bahan penguat komposit laminasi resin, terutama pada struktur kapal kecil yang membutuhkan material ringan namun kuat. Dalam konteks laminasi, serat bambu dapat disusun sejajar arah beban utama untuk meningkatkan kekuatan tarik aksial, sedangkan resin berperan sebagai pengikat dan pelindung terhadap kelembapan.

2.2 Potensi Bambu di Timbulsloko Demak dan Penelitian Terdahulu

Wilayah Demak, termasuk daerah sekitar Desa Timbulsloko, dikenal memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, salah satunya adalah keberadaan bambu dalam jumlah besar. Bambu memiliki karakteristik pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan, dan dapat dipanen secara berkelanjutan, menjadikannya kandidat material lokal yang sangat berharga untuk menggantikan kayu, yang ketersediaannya mungkin semakin terbatas atau mahal. Pemanfaatan bambu secara optimal tidak hanya mengurangi tekanan terhadap hutan kayu tetapi juga berpotensi menciptakan nilai ekonomi baru bagi masyarakat lokal melalui industri pengolahan bambu.

Penelitian mengenai aplikasi bambu dalam konstruksi, termasuk sebagai material komposit, telah banyak dilakukan. Beberapa studi menunjukkan bahwa komposit serat bambu dapat memiliki kekuatan tekan yang kompetitif, bahkan melebihi kayu jenis tertentu (misalnya, Fauzi et al., 2018; Panyasai et al., 2019). Widodo (2018) meneliti karakterisasi bambu laminasi sebagai bahan pembangunan kapal perikanan dan menemukan bahwa komposit bambu memiliki kerapatan lebih tinggi dibandingkan kayu jati solid, serta sifat mekanis yang lebih baik. Khotimah et al. (2014) menganalisis teknis bambu laminasi sebagai material konstruksi pada lunas kapal perikanan, menunjukkan bahwa bambu laminasi memiliki potensi sebagai alternatif material lunas kapal.

Namun, penelitian yang secara spesifik menganalisis kekuatan tekan komposit berbasis serat bambu untuk aplikasi rangka perahu nelayan tradisional di Desa Timbulsloko Demak masih terbatas atau belum diidentifikasi secara mendalam. Kesenjangan ini menjadi celah yang akan diisi oleh penelitian ini, yaitu dengan mengkarakterisasi kekuatan tekan komposit serat bambu dan mengevaluasi potensinya sebagai pengganti material rangka perahu tradisional yang menghadapi masalah pelapukan

2.3 Laminasi



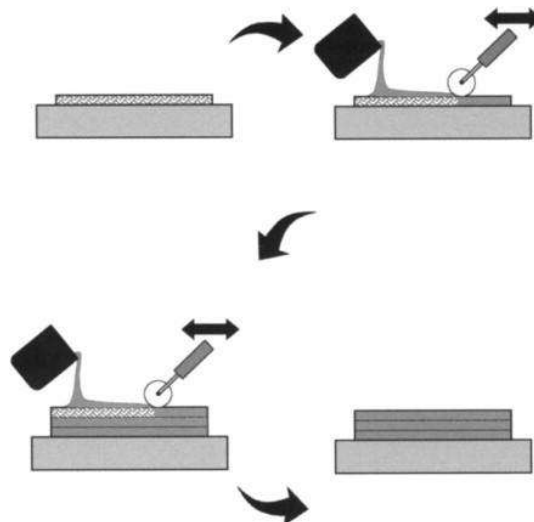
Gambar 2. 3 Resin Marine

Laminasi resin merupakan metode pembentukan komposit dengan menyusun lapisan-lapisan serat (*woven atau unidirectional*) dan meresapkannya dengan resin cair, kemudian dikeringkan atau dikatalisis hingga membentuk struktur padat. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan komposit berlapis (*laminated composite*) yang memiliki distribusi beban merata antar lapisan.

Metode laminasi resin yang umum digunakan ada dua:

a. *Hand Lay-Up*

Metode paling sederhana, dilakukan dengan menyusun serat bambu pada cetakan, kemudian menuangkan resin dan meratakan menggunakan rol hingga serat terimpregnasi sempurna. Setelah itu, dilakukan penekanan ringan (*roller compaction*) untuk mengeluarkan gelembung udara.

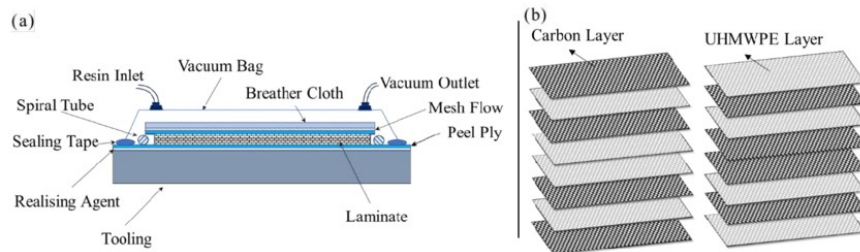


Gambar 2. 4 *Hand Lay-Up*

Keunggulannya adalah proses mudah dan murah, tetapi hasilnya bergantung pada keterampilan operator (Kamath, 2025).

b. Vacuum Bagging (*Vacuum Assisted Lamination*)

Metode ini menggunakan tekanan negatif (vakum 0,6–0,8 bar) untuk memastikan resin menyebar merata ke seluruh serat dan menghindari *voids*. Hasil laminasi lebih padat dan homogen. (Abbas et al., 2023) menunjukkan bahwa metode ini meningkatkan kekuatan tekan hingga 20–25% dibanding hand lay-up biasa.



Gambar 2. 5 *Vacuum Bagging (Vacuum Assisted Lamination)*

Resin yang digunakan:

- Epoxy resin (viskositas rendah, ikatan kuat, curing room temperature).
- Catalyst (*Hardener*) misalnya polyamine 10–15% dari berat resin.
- Release agent untuk mencegah resin menempel di cetakan.

Tabel 2. 2 Tabel Parameter

Parameter	Nilai Umum	Referensi
Suhu curing	25–60°C	(Kamath, 2025)
Waktu curing	24 jam	(Hussain & Jamil, 2021)
Tekanan vakum	0,7 bar	(Shen et al., 2024)
Fraksi serat	20–40%	(Islam et al., 2025)

2.4 Perahu Nelayan Tradisional dan Permasalahan Material

Perahu nelayan tradisional di Indonesia, termasuk di wilayah pesisir utara Jawa seperti Demak, umumnya dirancang untuk berbagai jenis penangkapan ikan dan disesuaikan dengan kondisi perairan setempat. Struktur dasar perahu biasanya terdiri dari lambung (*hull*), rangka (*frame/ribs*), papan kelin (*planking*), dan bagian-bagian lain seperti geladak dan tiang layar (jika ada). Rangka perahu, yang berfungsi sebagai tulang punggung lambung, berperan penting dalam menjaga bentuk dan integritas struktural perahu saat menghadapi beban gelombang, angin, dan muatan ikan.

Secara tradisional, kayu menjadi pilihan utama material rangka perahu karena ketersediaannya, kemudahan dalam pengerjaan, dan sifatnya yang relatif ringan namun kuat. Namun, kayu memiliki beberapa kelemahan inheren, terutama ketika terpapar lingkungan laut yang agresif. Serangan organisme laut seperti teritip (*barnacles*) dan mikroorganisme lainnya dapat menyebabkan pelapukan, pembusukan, dan degradasi struktur kayu. Fenomena ini, yang sering disebut sebagai masalah "tritip lapuk" dalam

konteks lokal, memperpendek usia pakai perahu, meningkatkan biaya perawatan yang signifikan, dan berpotensi membahayakan keselamatan awak kapal akibat kerusakan struktural yang tidak terdeteksi.

Di Desa Timbulsloko Demak, identifikasi masalah material rangka perahu yang dihadapi nelayan sangat relevan. Ketergantungan pada kayu tradisional yang rentan terhadap pelapukan menjadi kendala dalam menjaga keberlanjutan operasional perahu dan mata pencaharian nelayan. Kebutuhan akan material alternatif yang lebih tahan lama, tahan terhadap serangan organisme laut, dan memiliki umur pakai lebih panjang menjadi krusial.

2.5 Kekuatan Tekan Material

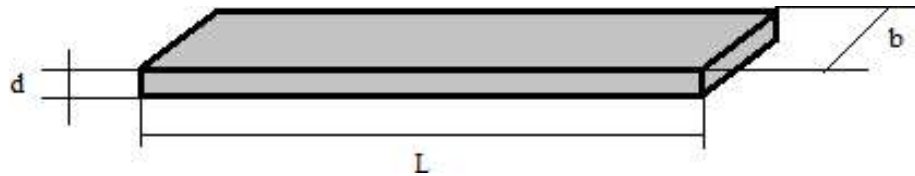
Kekuatan tekan (*compressive strength*) adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban atau tekanan yang diberikan secara merata pada permukaannya tanpa mengalami deformasi permanen atau kegagalan. Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan memberikan beban tekan pada spesimen uji hingga terjadi keruntuhan. Nilai kekuatan tekan dinyatakan dalam satuan tegangan, biasanya Pascal (Pa) atau Megapascal (MPa).

Pada material komposit, kekuatan tekan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Kekuatan dan Kekakuan Serat Penguat: Serat yang memiliki kekuatan tekan dan kekakuan tinggi akan berkontribusi pada kekuatan tekan komposit secara keseluruhan.
- b. Kekuatan Matriks: Matriks harus mampu menahan beban tekan dan mendistribusikannya ke serat penguat.
- c. Adhesi antara Serat dan Matriks: Ikatan yang kuat antara serat dan matriks sangat krusial untuk transfer beban yang efektif.
- d. Rasio Serat terhadap Matriks (Volume Fraction): Peningkatan volume serat penguat umumnya akan meningkatkan kekuatan tekan komposit, hingga titik tertentu di mana masalah dispersi serat atau cacat dapat muncul.
- e. Orientasi Serat: Kekuatan tekan komposit dapat bervariasi tergantung pada orientasi serat relatif terhadap arah beban tekan.
- f. Cacat Material: Keberadaan void (rongga udara), delaminasi, atau serat yang rusak dapat secara signifikan menurunkan kekuatan tekan komposit.

Standar pengujian kekuatan tekan untuk material komposit umumnya mengacu pada standar internasional seperti ASTM D695 (*Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*) atau standar yang relevan lainnya, yang menetapkan

metode preparasi spesimen, konfigurasi pengujian, dan cara perhitungan nilai kekuatan tekan (ASTM International, 2015).



Gambar 2. 6 Bentuk Spesimen Uji sesuai ASTM

Catatan :

d (ketebalan)	= 8 mm
b (lebar)	= 18 mm
L (panjang)	= 170 mm

2.6 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Studi yang dilakukan oleh Widodo (2018), Sumarno dan Widodo (2018), serta Khotimah et al. (2014) menunjukkan bahwa bambu laminasi memiliki kekuatan dan stabilitas yang cukup baik untuk digunakan sebagai material konstruksi. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya lebih menitikberatkan pada pengujian sifat mekanik berupa kekuatan lentur (*bending strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*), sementara aspek kekuatan tekan (*compressive strength*) yang sangat penting dalam struktur rangka perahu masih belum banyak dikaji secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan melakukan pengujian kekuatan tekan komposit bambu yang difokuskan pada aplikasinya sebagai gading kapal.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Fauzi et al. (2018), Ariffin et al. (2009), dan Panyasai et al. (2019) mengungkapkan bahwa komposit berbasis serat bambu yang dikombinasikan dengan resin memiliki sifat mekanik yang kompetitif dan berpotensi sebagai material alternatif. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih bersifat umum dan belum secara spesifik mengembangkan komposisi serat dan resin yang dioptimalkan untuk kebutuhan struktur perahu. Selain itu, sebagian besar pengujian masih berorientasi pada karakterisasi material secara umum dan belum mengarah pada aplikasi di bidang maritim. Oleh sebab itu, penelitian ini mencoba mengembangkan komposisi komposit serat bambu yang lebih relevan dengan kebutuhan struktur rangka perahu nelayan.

Di sisi lain, penelitian oleh Mbuge dan Gumbe (2022), Chen et al. (2015), serta Candelaria dan Hernandez (2019) telah menyediakan data mengenai sifat mekanik bambu mentah dari berbagai spesies. Namun demikian, penelitian tersebut belum mempertimbangkan karakteristik bambu lokal, khususnya yang berasal dari daerah pesisir seperti Demak dan Timbulsloko, serta belum mengkaji pengaruh lingkungan pesisir terhadap performa bambu dalam bentuk laminasi maupun komposit. Padahal, kondisi lingkungan laut seperti kelembaban tinggi, salinitas, dan paparan cuaca ekstrem dapat memengaruhi kinerja material secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan bambu lokal yang mudah diakses oleh nelayan sebagai alternatif material rangka kapal.

Lebih lanjut, kajian yang dilakukan oleh Widodo (2018) dan Purnomo (2016) telah membahas potensi bambu sebagai material kapal dari sisi teknis. Akan tetapi, penelitian tersebut belum menerapkan metode pengujian yang terstandarisasi secara internasional, khususnya untuk pengujian kekuatan tekan komposit bambu berdasarkan standar ASTM, seperti ASTM D695. Ketiadaan standar pengujian ini menyebabkan hasil penelitian sulit dibandingkan secara ilmiah. Dengan demikian, penelitian ini mengadopsi prosedur pengujian ASTM D695 untuk memperoleh data yang lebih valid, terukur, dan dapat dibandingkan secara luas.

Selain itu, penelitian terkait komposit berbasis resin oleh Hussain dan Jamil (2021) serta Shen et al. (2024) menunjukkan bahwa metode fabrikasi seperti *hand lay-up* dan *vacuum bagging* memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas dan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Namun, penerapan metode tersebut umumnya masih terbatas pada skala industri atau laboratorium dengan peralatan yang relatif kompleks. Belum banyak penelitian yang mengembangkan metode fabrikasi komposit bambu yang sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi bengkel nelayan di wilayah pesisir. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up* yang lebih sederhana dan mudah diaplikasikan oleh industri kecil.

Terakhir, penelitian terkait material kapal selama ini masih didominasi oleh kajian teknis dan mekanik, sementara aspek sosial-ekonomi masih sangat terbatas. Padahal, pemilihan material juga berkaitan erat dengan biaya, ketersediaan, serta dampaknya terhadap kesejahteraan masyarakat pesisir. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya mengevaluasi kelayakan material dari sisi teknis, tetapi juga mempertimbangkan potensi keberlanjutan ekonomi bagi nelayan melalui pemanfaatan material lokal yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan.

Halaman ini sengaja dikosongkan