

**UJI EFISIENSI VARIASI KOMPOSIT SEBAGAI ALTERNATIF
MATERIAL *BLADE* TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ANGIN**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan/Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Novia Arista Dwi Ramadina

NPM : 1042252

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI EFISIENSI VARIASI KOMPOSIT SEBAGAI ALTERNATIF
MATERIAL *BLADE* TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ANGIN**

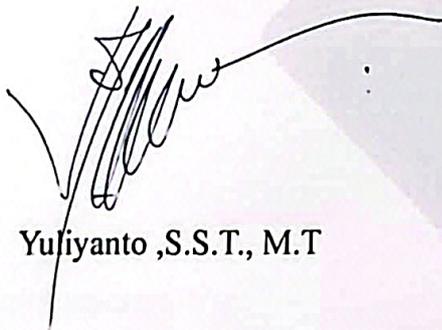
Oleh:

Novia Arista Dwi Ramadina/1042252

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

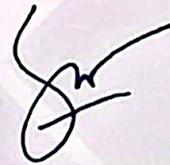
Menyetujui,

Pembimbing 1



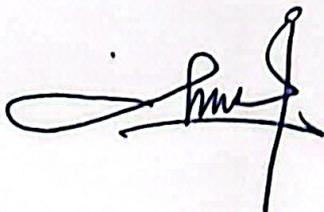
Yuliyanto ,S.S.T., M.T

Pembimbing 2



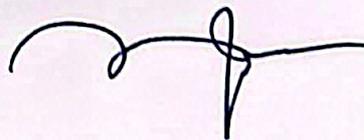
Muhammad Subhan ,S.S.T., M.T

Penguji 1



Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng

Penguji 2



Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Novia Arista Dwi Ramadina

NIM: 1042252

Dengan Judul : Uji Efisiensi Variasi Komposit Sebagai Bahan Alternatif Material *Blade* Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 7 Juli 2025

Nama Mahasiswa

Tanda tangan

Novia Arista Dwi Ramadina

ABSTRAK

Penggunaan material komposit menjadi peluang besar dalam pembuatan blade turbin karena material konvensional semakin lama akan semakin berkurang karena digunakan secara terus menerus. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi variasi komposit sebagai alternatif bahan material blade turbin pada pembangkit listrik tenaga angin. Variasi serat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi serat ijuk, serat daun jagung, dan serat daun nanas. Pengujian dilakukan dengan metode bending dan impak untuk mengevaluasi kekuatan dan ketahanan material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit yang menggunakan serat ijuk menghasilkan nilai rata-rata kekuatan bending tertinggi sebesar 57,3 MPa, menjadikannya sebagai pilihan terbaik untuk aplikasi blade turbin. Sementara itu, pada pengujian impak, komposit dengan serat daun jagung menunjukkan performa terbaik dengan nilai rata-rata 24.83 kJ/m². Temuan ini menunjukkan potensi penggunaan serat alami sebagai bahan alternatif yang efisien dalam pembuatan blade turbin, yang dapat mendukung pengembangan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

Kata kunci: Bilah Turbin, Komposit, Serat Alami, Uji Bending, Uji Impak

ABSTRACT

The use of composite materials presents a significant opportunity in the manufacturing of turbine blades, as conventional materials are gradually depleting due to continuous usage. This study aims to test the efficiency of various composites as alternative materials for turbine blades in wind power plants. The fiber variations used in this research include ijuk fiber, corn leaf fiber, and pineapple leaf fiber. Testing was conducted using bending and impact methods to evaluate the strength and durability of the materials. The test results indicate that the composite using ijuk fiber achieved the highest average bending strength of 57.3 MPa, making it the best choice for turbine blade applications. Meanwhile, in the impact test, the composite with corn leaf fiber demonstrated the best performance with an average value of 24.83 kJ/m². These findings highlight the potential of using natural fibers as an efficient alternative material in the production of turbine blades, which can support the development of more environmentally friendly renewable energy.

Keywords: *Turbine Blades, Composites, Natural Fibers, Bending Test Impact Test*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi wabarakatuh

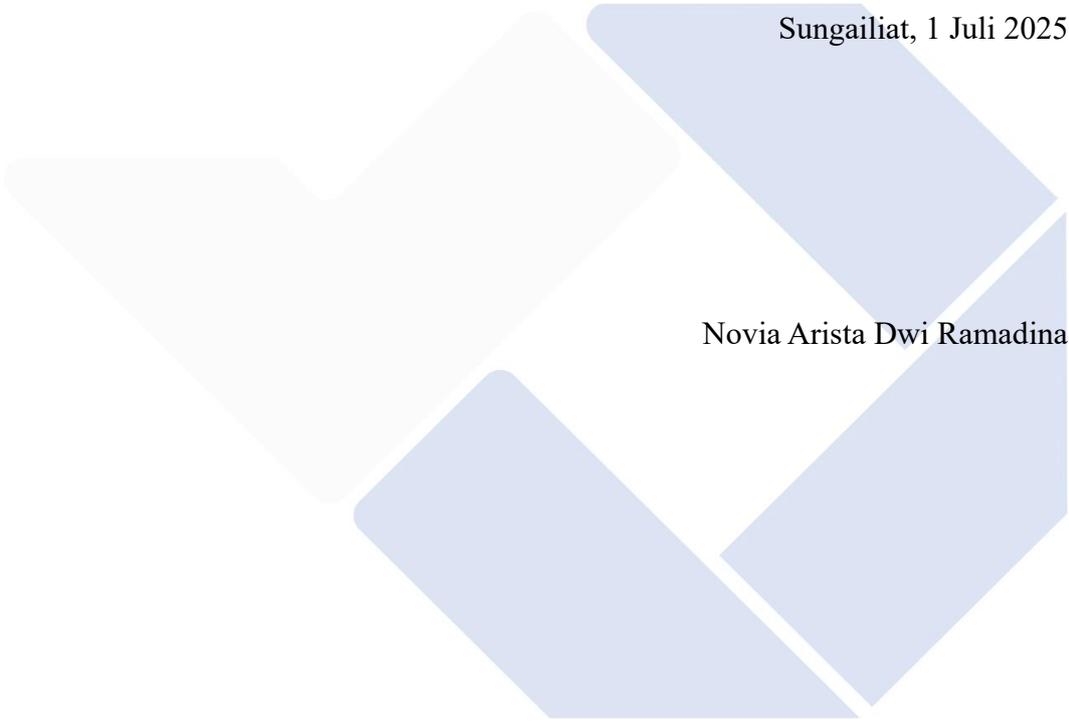
Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, Karena Berkat rahmat dan karunia-nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Yang berjudul “Uji Efisiensi Variasi Komposit Sebagai Alternatif Bahan Pembuatan *Blade* Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana terapan teknik di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penelitian ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang Tua Penulis yang sudah mendukung dan mencurahkan perhatiannya terhadap penulis sehingga penulis semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Yuliyanto S.S.T., M.T Selaku Pembimbing 1 yang sudah meberikan arahan serta bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Subhan S.S.T., M.T Selaku Pembimbing 1 yang sudah meberikan arahan serta bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Boy Rollastin, S.,Tr., M.T selaku Kepala Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur
5. Bapak Dr. Ilham Ary W., S.S.T., M.T Selaku Kepala Jurusan Teknik Rekayasa Mesin.
6. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D Selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Orang yang selalu ada dan menemani saya serta memberikan dukungan selama menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang dapat membangun serta memperbaiki hasil penelitian ini dimasa yang akan datang. Semoga dengan adanya penelitian ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi pengembangan ilmu dan pengetahuan, terkhususnya dalam bidang energi terbarukan.

Akhir kata penulis berharap agar penelitian ini dapat menjadi acuan dan inspirasi bagi para pembaca, Terimakasih.



Sungailiat, 1 Juli 2025

Novia Arista Dwi Ramadina

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Sumber Energi Listrik	4
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin.....	8
2.2.1 <i>Blade</i> turbin.....	10
2.3 Komposit.....	11
2.3.1 Sifat Mekanik Komposit	12
2.3.2 Klasifikasi komposit	16
2.4 Serat.....	18

2.4.1	Serat Ijuk	18
2.4.2	Serat Daun Jagung.....	20
2.4.3	Serat Daun Nanas	21
2.5	Perendaman NaOH.....	22
2.6	Pengujian Komposit	23
2.6.1	Uji <i>Bending</i>	23
2.6.2	Uji Impak	25
2.7	Perhitungan fraksi serat.....	27
2.8	Metode eksperimental	28
2.9	Nilai standart Kekuatan.....	29
BAB III METODE PELAKSANAAN		30
3.1	Alur penelitian.....	30
3.2	Studi Literatur	31
3.3	Rumusan Masalah dan Hipotesis	31
3.4	Desain Eksperimen.....	31
3.4.1	Variabel Penelitian	31
3.4.2	Faktor dan level penelitian.....	32
3.4.3	Metode Perancangan	32
3.4.4	Lokasi penelitian	33
3.5	persiapan alat dan bahan	33
3.5.1	Alat.....	33
3.5.2	Bahan.....	35
3.5.3	Mesin.....	37
3.6	Pembuatan Spesimen	38
3.6.1	Pengolahan serat.....	38

3.6.2	Pembuatan Sampel	40
3.7	Validasi Spesimen	43
3.8	Pengumpulan Data	43
3.8.1	Uji <i>Bending</i>	43
3.8.2	Uji Impak	44
3.9	Analisis Data	45
3.10	Kesimpulan	45
BAB IV PEMBAHASAN		46
4.1	Uji <i>Bending</i>	46
4.1.1	Perhitungan Rasio Komposisi Serat.....	46
4.1.2	Proses Pengambilan Data.....	46
4.1.3	Hasil Data pengujian.....	48
4.2	Uji Impak	51
4.2.1	Perhitungan Rasio komposisi serat	51
4.2.2	Proses Pengambilan Data.....	51
4.2.3	Hasil Data Pengujian.....	53
4.3	Perbandingan Hasil	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Kandungan Kimia Serat Ijuk.....	19
Tabel 2. 2 Kandungan Kimia Serat Daun Jagung	20
Tabel 2. 3 Kandungan Kimia Serat Daun Nanas.....	21
Tabel 3. 1 Faktor dan Level Penelitian.....	32
Tabel 3. 2 Rancangan Eksperimen	32
Tabel 3. 3 Spesifikasi Timbangan	33
Tabel 3. 4 Spesifikasi Mesin Uji <i>Bending</i>	37
Tabel 3. 5 Spesifikasi Mesin Uji Impak	38
Tabel 3. 6 Rasio Serat Uji <i>Bending</i>	40
Tabel 3. 7 Rasio Serat Uji Impak	40
Tabel 3. 8 Rasio Resin dan Katalis Uji <i>Bending</i>	41
Tabel 3. 9 Rasio Resin dan Katalis Uji Impak	41
Tabel 4. 1 Rasio Komposisi Komposit.....	46
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian <i>Bending</i>	48
Tabel 4. 3 Rasio Komposisi Komposit Uji Impak	51
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Impak.....	53
Tabel 4. 5 perbandingan penelitian sebelumnya dan saat ini	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Sumber Energi Fosil.....	5
Gambar 2. 2 Energi Terbaharukan	6
Gambar 2. 3 Proses Terbentuknya Angin.....	8
Gambar 2. 4 Bagian Pada Kincir Angin.....	10
Gambar 2. 5 Bagian Pada <i>Blade</i> Turbin.....	10
Gambar 2. 6 Patahan Berserat.....	14
Gambar 2. 7 Patahan Granul	15
Gambar 2. 8 Komposit Partikulat.....	16
Gambar 2. 9 Komposit Serpihan.....	17
Gambar 2. 10 Komposit Serat.....	17
Gambar 2. 11 Nanokomposit	18
Gambar 2. 12 Serat Ijuk	20
Gambar 2. 13 Serat Daun Jagung.....	21
Gambar 2. 14 Serat Daun Nanas	22
Gambar 2. 15 NaOH	23
Gambar 2. 16 Uji <i>Bending</i> sebelum diberi beban	24
Gambar 2. 17 Uji <i>Bending</i> setelah diberi beban	24
Gambar 2. 18 Uji Impak Metode Charpy.....	25
Gambar 2. 19 Uji Impak Metode Izod	26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Timbangan.....	33
Gambar 3. 3 Cetakan Standart ASTM	34
Gambar 3. 4 Wadah Plastik	34
Gambar 3. 5 Jangka Sorong	34
Gambar 3. 6 Plat Besi.....	35
Gambar 3. 7 Serat Alami.....	35
Gambar 3. 8 NaOH 5%.....	36

Gambar 3. 9 Resin Polyester BQTN 157	36
Gambar 3. 10 Katalis.....	36
Gambar 3. 11 Mesin Uji <i>Bending</i>	37
Gambar 3. 12 Mesin Uji Impak.....	38
Gambar 3. 13 Pembersihan Serat	38
Gambar 3. 14 Penjemuran Serat.....	39
Gambar 3. 15 Perendaman Serat Menggunakan NaOH.....	39
Gambar 3. 16 Penjemuran serat	39
Gambar 3. 17 Penyusunan Serat Kedalam Cetakan.....	41
Gambar 3. 18 Penimbangan Matriks.....	42
Gambar 3. 19 Penuangan Matriks kedalam Cetakan	42
Gambar 3. 20 Hasil Cetakan Spesimen.....	43
Gambar 3. 21 Proses pengujian <i>Bending</i>	44
Gambar 3. 22 Proses Pengujian Impak	45
Gambar 4. 1 Hasil Cetakan Uji <i>Bending</i>	47
Gambar 4. 2 Proses Pengujian <i>Bending</i>	47
Gambar 4. 3 Spesimen Yang Sudah Di uji <i>Bending</i>	48
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Kekuatan <i>Bending</i>	49
Gambar 4. 5 Grafik Rata Rata Nilai Kekuatan <i>Bending</i>	49
Gambar 4. 6 Hasil Cetakan Uji Impak	52
Gambar 4. 7 Proses Pengujian Impak	52
Gambar 4. 8 Spesimen Yang sudah Di Uji Impak	53
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Kekuatan Impak.....	54
Gambar 4. 10 Grafik rata rata Pengujian Impak	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1	63
LAMPIRAN 2	655
LAMPIRAN 3	70



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan mendasar bagi kehidupan manusia di era modern. Namun, sumber energi konvensional seperti batu bara menghadapi ancaman kelangkaan di masa depan [1]. Seiring dengan bertambahnya populasi di Indonesia, maka penggunaan energi listrik juga akan semakin meningkat. Hal ini menciptakan ketidakseimbangan antara kebutuhan masyarakat dan energi listrik yang dihasilkan oleh negara. [2].

Pada saat ini sumber energi listrik dihasilkan melalui energi konvensional yang seiring berjalannya waktu akan mengalami kelangkaan. Oleh karena itu diperlukan energi terbarukan yang dapat menggantikan sumber energi listrik. Penggunaan energi terbarukan merupakan energi yang ramah lingkungan dan tidak mencemari lingkungan. Salah satu contohnya adalah Energi angin yang tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan udara [3].

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana Indonesia dikelilingi oleh perairan yang sangat luas. Potensi angin di Indonesia sangat besar, dengan kecepatan rata-rata angin di Indonesia berada di atas 5m/s yang tersebar pada 120 titik lokasi, salah satunya adalah Bangka Belitung [4]. Kepulauan Bangka Belitung merupakan provinsi yang dikelilingi oleh perairan yang sangat luas dan memiliki panjang garis pantai sepanjang 1200 km [5]. Kondisi geografis ini merupakan potensi besar untuk dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA).

Selain potensi angin yang tinggi, Bangka Belitung juga memiliki keunggulan berupa ketersediaan bahan baku komposit alami, seperti daun nanas, daun jagung, dan ijuk, yang tergolong masih melimpah sebagai hasil samping dari aktivitas agraris masyarakat setempat. Ketersediaan bahan baku yang melimpah ini merupakan peluang untuk mengembangkan penggunaan material komposit

berbahan serat alami yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga dapat memberdayakan ekonomi masyarakat lokal.

Komponen utama dalam PLTA adalah *blade* turbin, yang berfungsi mengonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Efisiensi dan kinerja *blade* turbin sangat dipengaruhi oleh desain dan material yang digunakan [6]. Material seperti kayu sering digunakan pada *blade* turbin, tetapi memiliki keterbatasan seperti biaya tinggi, keterbatasan ketersediaan, dan umur pakai yang pendek [7]. Oleh karena itu, material komposit menjadi alternatif yang menarik karena memiliki sifat unggul seperti kekuatan tinggi, ketahanan terhadap korosi, bobot yang ringan, serta kemudahan pembentukan.

Komposit merupakan kombinasi dari dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda, yang dirancang untuk menghasilkan karakteristik yang unggul. Keunggulan material komposit, seperti daya tahan yang tinggi, ketahanan terhadap lingkungan korosif, dan bobot yang lebih ringan, menjadikannya solusi yang ideal untuk aplikasi *blade* turbin [7]. Selain itu, penggunaan material berbasis serat alam seperti serat daun nanas, daun jagung, dan ijuk, yang merupakan bahan lokal Bangka Belitung, dapat menjadi alternatif material komposit yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Namun, tantangan utama dalam penggunaan material komposit adalah menentukan kombinasi bahan yang optimal agar efisiensi dan ketahanan *blade* turbin dapat ditingkatkan. Setiap jenis serat alam memiliki karakteristik dan nilai kekuatan yang berbeda, sehingga diperlukan penelitian mendalam untuk menentukan kombinasi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pembuatan *blade* turbin menggunakan variasi komposit berbasis bahan lokal sebagai alternatif material. Dengan memanfaatkan potensi lokal Bangka Belitung, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kombinasi material komposit terbaik yang mampu meningkatkan efisiensi energi, mendukung keberlanjutan lingkungan, serta memberdayakan masyarakat setempat melalui pemanfaatan bahan alam yang melimpah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah dari proyek akhir ini adalah:

1. Apakah penggunaan komposit berbahan serat alami (serat ijuk, Serat daun jagung, dan Serat daun nanas) dapat dijadikan bahan pembuatan *blade* turbin?
2. Bagaimanakah perbedaan sifat fisik dan nilai kekuatan dengan menggunakan serat alam yang berbeda?
3. Apakah dengan adanya penggunaan material komposit pada *blade* turbin dapat mendukung adanya kemajuan dalam energi terbarukan?

1.3 Tujuan

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kelayakan penggunaan komposit berbahan dasar serat alami jika digunakan sebagai bahan dasar *blade* turbin
2. Mengidentifikasi perbedaan sifat fisik dan mekanik dari 3 serat yang berbeda
3. Mendukung adanya pergerakan energi terbarukan untuk menggantikan energi konvensional.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah antara lain adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan serat alami yaitu Serat Ijuk, Serat Daun Jagung, dan Serat Daun Nanas
2. Penelitian ini berfokus pada perbedaan dan perbandingan antar masing masing serat
3. Penelitian ini hanya menggunakan pengujian *bending* dengan Standart ASTM D-790 dan Pengujian Impak dengan Standart ASTM E-20

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sumber Energi Listrik

Pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat membuat seluruh dunia melakukan lebih banyak lagi perbaikan di berbagai aspek dinegaranya. Hal ini bukan lah hal baru di ekonomi global, pembaruan sangat diperlukan dari berbagai sektor kehidupan seperti infrastruktur, mutu penjaminan kehidupan masyarakat, industri, dan yang tidak kalah penting adalah sumber energi. Indonesia sendiri memiliki peran yang sangat penting di sektor penghasil energi listrik baik itu di regional Indonesia saja atau bahkan ke panggung Internasional. Dengan bertumbuhnya ekonomi global maka akan semakin meningkat juga kebutuhan dari sumber energi listrik dan pemasokan sumber energi akan semakin bertambah dan akan terus bertambah. Akan tetapi, dengan bertambahnya jumlah kebutuhan sumber energi listrik maka akan semakin berdampak pada faktor lingkungan. Di lain sisi, kondisi geografis Indonesia sangat diuntungkan karena kekayaan sumber daya alamnya yang sangat berlimpah, akan tetapi penggunaan sumber daya alam terus menerus semakin membuat jumlah ketersediaan sumber daya alam semakin menipis, maka daripada itu sangat dibutuhkan upaya dalam menjaga keseimbangan antara ketersediaan sumber daya alam dengan jumlah permintaan energi listrik. Hal ini menjadi tantangan sendiri untuk menemukan jawaban tersebut. Akan tetapi dengan adanya perubahan iklim global seperti kenaikan suhu dan perubahan pola cuaca, dapat memberikan dampak pada infrastruktur energi yang ada. [8]

Dengan adanya dampak dan konsekuensi perubahan iklim, akan semakin meningkatkan kesadaran akan perlunya transisi dari penggunaan sumber energi konvensional yang semakin terbatas dan berdampak negatif terhadap lingkungan menjadi sumber energi yang ramah lingkungan. Indonesia selain memiliki sumber daya alam yang berlimpah, Indonesia juga memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat berpeluang besar seperti: panas matahari, air, dan angin. Dengan minimnya pasokan energi fosil menjadi ancaman yang mengkhawatirkan yang akan terus berkelanjutan jika sumber energi terbarukan tidak diterapkan

secepatnya. Dalam menghadapi kekhawatiran ini, Indonesia merespon dengan lebih mengeksplorasi seras memanfaatkan potensi sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Dan pada akhirnya, upaya ini memiliki tujuan untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang sudah sangat rentan dan mengalami pelonjakan harga yang sangat tinggi serta memiliki dampak yang negatif terhadap lingkungan. [8]

Energi Baru Terbaharukan (EBT) adalah sumber energi yang dihasilkan dan didapatkan dari alam dengan potensi dimanfaatkan secara bebas dan dapat digunakan secara terus menerus karena ketersediaannya yang sangat melimpah dan tidak terbatas. Potensi Energi Baru Terbaharukan di Indonesia sangat berlimpah contohnya seperti sumber energi surya, air, angin, biomassa, laut, dan panas bumi. Hal ini bisa menjadipeluang yang sangat besar untuk menghasilkan sumber energi listrik menggunakan Energi Baru Terbaharukan. Akan tetapi, jumlah yang sangat berlimpah ini sangat berbanding terbalik dengan yang dimanfaatkan. Sebagian besar wilayah dan pemerintah di Indonesia masih menggunakan energi konvensional sebagai sumber energi listrik. *International Energy Agency* (IEA) pada tahun 2019 melaporkan bahwa penggunaan energi pokok dunia sebesar 81% masih menggunakan sumber energi konvensional yaitu bahan bakar fosil. Hal itu merupakan hal yang mengecewakan mengingat banyak sekali dampak negatif yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil, yang paling utama ialah dampak lingkungan yang rusak.



Gambar 2. 1 Sumber Energi Fosil [9]



Gambar 2. 2 Energi Terbaharukan [9]

Beberapa negara di dunia sudah mulai beralih dari penggunaan energi konvensional menjadi Energi Baru Terbaharukan. Dimana benua eropa merupakan negara yang paling banyak penggunaan gerakan transisi melalui negara Denmark yang menggunakan energi angin sebesar 45% dan dilanjutkan oleh jerman dengan kebijakan pemerintahnya yaitu “*Energiewende*” dengan total penggunaan Energi Baru Terbaharukan sebesar 38% [10]. Rencana Umum Energi Daerah (RUED) menjelaskan bahwa 34 pemerintah provinsi di Indonesia memiliki target Energi Baru Terbaharukan pada tahun 2025 sebesar 48 GW. Maka daripada itu sangat diperlukan perencanaan yang sangat baik untuk memanfaatkan penggunaan Energi Baru Terbaharukan. Hal ini bisa menjadi potensi emas untuk menciptakan ketahanan energi yang berkelanjutan sebagai prioritas menjaga pasokan sumber energi listrik agar tidak selalu bergantung pada penggunaan sumber energi fosil yang memiliki batas jumlah dan tidak dapat diperbarui. [9]

Pada penyusunan rencana kebijakan perlu memperhatikan banyak pertimbangan. Tidak hanya unsur pengetahuan dalam penelitian tentang Energi Baru Terbaharukan saja akan tetap ada aspek teknis, ekonomi, dan juga sosial yang harus diperhatikan dalam perencanaan ini. Perencanaan ini harus mampu membangun dan mengarahkan pembangunan infrastruktur di Indonesia, memberikan fasilitas yang memadai dan memberikan insentif bagi adopsi teknologi berkelanjutan. Langkah langkah besar ini tentunya harus dengan dukungan dari berbagai instansi terutama pemerintah, industri, akademisi, dan bahkan masyarakat sipil. Upaya pengembangan Energi Baru Terbaharukan ini merupakan salah satu

langkah besar pada peningkatan kapasitas energi nasional. Dan juga menjadi langkah penting dalam kontribusi Indonesia Di kancah Internasional untuk mengatasi masalah perubahan iklim akibat dari emisi rumah kaca dan polusi. [8]

Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) merupakan sebuah dokumen perencanaan yang membahas mengenai visi, misi, tujuan dan juga sasaran pembangunan nasional dalam jangka menengah. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) merupakan rencana penyedia energi listrik secara terperinci, termasuk sumber apa saja yang digunakan, lokasi dibuatnya pembangkit listrik, dan jadwal dari pengembangan energi listrik. Berdasarkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) dan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) pada tahun 2021 pertumbuhan ekonomi di Indonesia menyentuk 4,1% dan populasinya yang semakin banyak bertambah. Dengan meningkatnya pertumbuhan ini Indonesia harus menghadapi tantangan besar dalam pemenuhan pasokan energi listrik sebesar 6,3% per tahun. Dalam RPJM 2020-2024 aspek energi memiliki peran yang sangat penting untuk mengatasi tantangan ketahanan energi dan dampak terhadap lingkungan. Dalam upaya penurunan penggunaan sumber energi fosil, pemanfaatan menggunakan Energi Baru Terbarukan pada tahun 2022 menyumbang sekitar 10% dari total energi yang digunakan, hal ini meningkatkan nilai efisiensi energi. Pada dokumen tersebut dapat disimpulkan bahwa target dari penggunaan dan pengembangan Energi Baru Terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025, serta target lainnya berupa pengurangan emisi gas kaca, yang semua itu bertujuan untuk berkontribusi dalam menyelesaikan masalah perubahan iklim dan keberlanjutan energi. [8]

Di setiap tahunnya target dari penggunaan Energi Baru Terbarukan akan terus meningkat, dengan 23% di tahun 2025 hingga nanti 66% di tahun 2060, untuk mencapai target tersebut diperlukan perkembangan Energi Baru Terbarukan sebesar 0,9% per tahunnya. Akan tetapi, pada kenyataannya sekarang di Indonesia hanya tumbuh sebesar 0,55% per tahun, dimana ini masih sangat jauh dari target yang direncanakan. Kendala ini dipengaruhi beberapa faktor seperti sebaran potensi energi terbarukan di Indonesia, kemampuan jaringan tenaga listrik

listrik masih sangat terbatas. Beberapa sumber Energi Baru Terbaharukan bersifat intermiten. Hal yang menjadi faktor lain juga adalah ruang kapasitas industri di Indonesia masih sangat terbatas dalam hal teknologi dan juga kondisi pasar yang menghambat pertumbuhan. Hal ini sangat berkebalikan dengan potensi Energi Baru Terbaharukan di Indonesia yang sangat berlimpah yang sangat diuntungkan karena kondisi geografis Indonesia.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Angin merupakan aliran udara yang terjadi akibat rotasi bumi dan perbedaan tekanan atmosfer disekitarnya. Aliran ini bergerak dari area dengan tekanan tinggi menuju area dengan tekanan rendah. Ketika matahari memanaskan udara, udara tersebut akan menguap. Proses pemuapan ini membuat massa jenis udara menjadi lebih ringan, sehingga udara tersebut dapat naik menuju permukaan langit. Ketika udara naik, tekanan pada area tersebut akan menurun dan udara dari sekitarnya akan mengalir menuju area bertekanan rendah. Udara yang lebih dingin dan berat kemudian akan turun menuju permukaan. Setelah itu, udara di dekat tanah akan kembali memanaskan dan naik lagi. Proses pergerakan udara panas yang naik dan udara dingin yang turun ini terjadi karena konveksi.



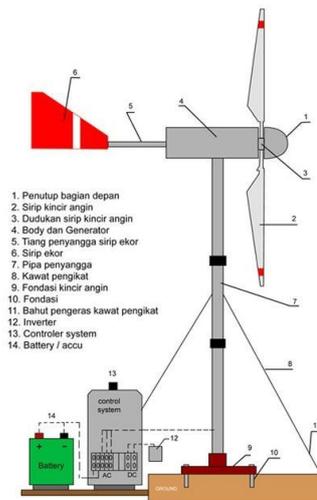
Gambar 2. 3 Proses Terbentuknya Angin [11]

Angin merupakan sumber energi yang tak terbatas yang terdapat di alam. Angin adalah udara bergerak yang diakibatkan oleh perputaran bumi (rotasi bumi) dan juga karena adanya tekanan udara. Angin bergerak Pemanfaatan energi angin masih sangat minim digunakan di Indonesia, terkhusus nya pada bidang

pembangkit listrik, Sumber energi angin sangat berpotensi untuk menggantikan energi fosil sebagai sumber energi listrik. Minimnya pengetahuan masyarakat tentang energi terbarukan membuat sumber energi angin tidak dimanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu diperlukan terobosan terbaru untuk memanfaatkan potensi energi angin, terkhususnya di daerah pesisir pantai yang kecepatan anginnya berbedda dengan yang berada pada dataran biasa.

Pembangkit Listrik tenaga angin memanfaatkan kekuatan angin sebagai sumber energi. Proses ini dilakukan dengan menggunakan kincir angin yang terhubung ke generator atau turbin. Melalui mekanisme ini, energi angin diubah menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber daya. Energi angin merupakan sumber energi yang berkelanjutan dan tidak menghasilkan polusi. Penggunaan energi ini sangat direkomendasikan karena ketersediaan yang melimpah dan tidak terbatas. Selain itu juga, energi angin menarik karena tidak memerlukan bahan bakar fosil. Keunggulan lainnya adalah bahwa pemanfaatan energi angin tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau limbah berbahaya. Energi ini berasal dari energi kinetik yang ada dalam aliran angin, yang kemudian diolah menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan. [11]

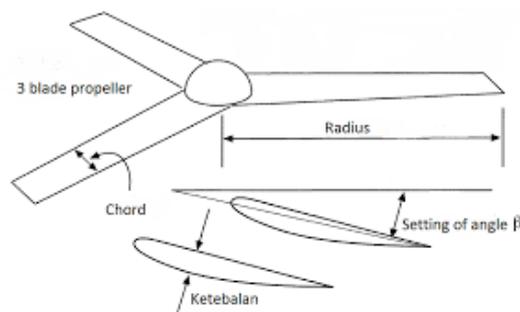
Mekanisme kerja dari kincir angin ini sendiri adalah energi angin awalnya digunakan untuk memutar turbin angin. Angin berperan sebagai penggerak untuk menghasilkan listrik. Ketika angin berhembus, angin bertugas untuk memutar bilah turbin, yang kemudian menggerakkan rotor pada generator yang terletak dibelakang turbin. Generator berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik dengan memanfaatkan prinsip medan elektromagnetik. Poros generator dilengkapi dengan material ferromagnetik permanen, yang dikelilingi oleh stator yang terdiri dari kumparan berbentuk loop. Saat poros berputar, fluks magnet pada stator berubah, dan perubahan ini menghasilkan tegangan serta arus listrik. Arus dan tegangan yang dihasilkan kemudian dialirkan melalui kabel untuk digunakan. Sebelum digunakan, energi listrik biasanya disimpan dalam baterai untuk memastikan ketersediaannya saat dibutuhkan.



Gambar 2. 4 Bagian Pada Kincir Angin [11]

2.2.1 Blade turbin

Blade turbin atau yang biasa disebut dengan baling baling turbin adalah komponen utama pada turbin yang berfungsi untuk mengekstraksi energi dari aliran fluida (angin) dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran rotor turbin. Pada turbin angin, *blade* berfungsi menerima aliran energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi gerak putar pada poros penggerak. Ketika angin bertiup, baling baling ini akan berputar dan menggerakkan rotor turbin. Pada umumnya turbin angin dengan sumbu horizontal memiliki tiga bilah atau lebih, dan merupakan jenis turbin yang paling umum digunakan saat ini. Meskipun banyak turbin modern yang dilengkapi dengan dua atau tiga bilah, tetapi ada juga yang dirancang dengan jumlah bilah yang berbeda, baik lebih sedikit maupun lebih banyak.



Gambar 2. 5 Bagian Pada *Blade* Turbin [12]

Bahan dasar pembuatan *blade* turbin kincir angin umumnya meliputi komposit karbon fiber untuk bilah besar, kayu, aluminium, dan besi untuk bilah yang lebih kecil. Akan tetapi pada umumnya pada komponen kincir angin *blade* turbin biasanya menggunakan kayu dan juga komposit karbon yang bertujuan untuk mencapai kekuatan, ringan dan juga efisien yang optimal dalam desain turbin. Bahan dasar pembuatan *blade* turbin harus sangat diperhatikan karena merupakan komponen utama yang menjadi penyangga terkumpulnya sumber energi, maka daripada itu bahan pembuatan *blade* turbin harus memenuhi kriteria dan juga kondisi pada saat kincir angin diletakkan. [13] komposit menjadi pilihan terbaik sebagai bahan dasar pembuatan *blade* turbin untuk dapat meningkatkan performa dari *blade* turbin.

2.3 Komposit

Material komposit adalah jenis bahan yang terdiri dari beberapa fase, yaitu campuran dari dua atau lebih material yang tidak bereaksi kimia pada saat dicampurkan. Material komposit ini bergabung menjadi satu material baru dengan tetap mempertahankan bentuk asli dari masing masing material. Karakteristik material komposit merupakan kombinasi dari sifat sifat bahan penyusun nya. Bahan penyusun komposit terdiri dari matriks dan penguat (reinforcement) atau pengisi (filler), dimana masing masing dari bahan penyusun ini memiliki sifat yang berbeda. Untuk material penguat, penting agar dapat meningkatkan atau memperbaiki sifat sifat matrik selama dalam proses pembentukan material komposit. Dua material tersebut bergabung membentuk material baru dan memiliki sifat yang baru. Komposit memiliki sifat yang fleksibel dan ketahanan yang kuat serta dapat diatur menyesuaikan kebutuhan material yang dibutuhkan. [14]

Matriks merupakan komponen utama dalam struktur komposit yang menempati porsi terbesar berdasarkan volume. Dalam sistem komposit, matriks berperan penting sebagai pendistribusi beban mekanik ke seluruh serat, menciptakan ikatan antara permukaan matriks dan serat, melindungi serat dari kerusakan lingkungan, serta menjaga kestabilan dimensional setelah proses

produksi. Fungsi utama dari matriks adalah sebagai media penghubung antar serat yang memperkuat struktur secara keseluruhan. [14]

2.3.1 Sifat Mekanik Komposit

Terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi sifat-sifat material komposit. Pertama, material pembentuk memiliki sifat intrinsik yang sangat berpengaruh terhadap karakteristik komposit yang dihasilkan. Kedua, susunan struktural dari komponen penyusun, termasuk bentuk, orientasi, ukuran, dan distribusi masing-masing komponen, memainkan peran penting dalam menentukan penampilan keseluruhan komposit. Ketiga, interaksi antara komponen juga berkontribusi signifikan, karena komposit terdiri dari kombinasi berbagai bahan dan bentuk, sehingga sifat akhir yang diperoleh akan bervariasi tergantung pada bagaimana komponen tersebut berinteraksi satu sama lain. [15]

Pada pembuatan komposit ada beberapa hal yang sangat berpengaruh terhadap karakteristik serat terhadap sifat mekanik komposit. Adapun beberapa pengaruh tersebut antara lain:

1. Panjang serat komposit sangat berpengaruh pada hasil karakteristik sifat mekanik komposit, perbedaan antar serta panjang dan serat pendek cukup signifikan seperti ketahanan terhadap benturan dan kestabilan dari dimensi komposit. Hal ini sangat berpengaruh pada hasil akhir yang akan dihasilkan komposit
 2. Orientasi atau arah serat memberikan kekuatan dan kekakuan yang sangat tinggi jika berorientasi satu arah, hal ini lebih baik dibandingkan orientasi serat secara acak.
 3. Bentuk serat yang paling umum digunakan adalah bentuk serat melingkar.
 4. Bahan serat sangat mempengaruhi hasil dari sifat mekanik komposit, berbeda serat maka hasil kekuatan yang akan dihasilkan juga akan berbeda.
- [15]

Komposit merupakan material rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda, baik dari segi struktur kimia maupun fisik, dan tetap terpisah

dalam bentuk akhir produk. Dalam komposit, serat (fiber) berfungsi sebagai unsur penguat, sementara bahan pengikat yang digunakan biasanya adalah epoxy, yang dikenal karena kemudahannya dalam pembentukan dan daya rekat yang tinggi. Salah satu keuntungan utama dari penggunaan komposit adalah bobotnya yang ringan, diiringi dengan kekuatan yang baik, biaya produksi yang lebih efisien, umur pakai yang panjang, serta ketahanan terhadap korosi.

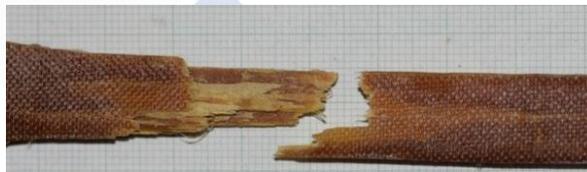
Material pengikat atau matriks berperan penting sebagai perekat bagi material penguat dan sebagai saluran untuk mentransfer gaya yang diterima oleh matriks ke material penguat. Selain itu, matriks juga berfungsi untuk mencegah atau memperlambat perkembangan retakan dengan cara memisahkan serat-serat dalam komposit. Di samping itu, material pengikat memberikan perlindungan terhadap material penguat dari kerusakan akibat reaksi kimia dan keausan.

Serat penguat dapat memiliki berbagai bentuk penampang, seperti lingkaran atau bujur sangkar. Berdasarkan komposisinya, serat yang digunakan sebagai bahan penguat komposit terbagi menjadi dua kategori, yaitu serat organik dan serat anorganik. Di sisi lain, jenis-jenis pengikat (matriks) dalam komposit meliputi Resin termoset, yang memiliki sifat tidak dapat dicairkan atau dibentuk kembali setelah mengalami reaksi dan pengeringan, dan Resin termoplastik, yang cenderung lebih ulet dan memiliki ketangguhan yang lebih baik dibandingkan dengan resin termoset. [15].

Matriks juga berperan sebagai saluran untuk beban langsung, yang bertugas mendistribusikan beban tersebut ke serat sebagai bahan dengan modulus kekuatan tinggi sebelum terjadinya keretakan. Apabila matriks memiliki sifat adhesi yang kurang baik, maka proses penyaluran beban menjadi tidak efektif, yang dapat mengakibatkan kegagalan berupa lepasnya ikatan antara matriks dan serat (kegagalan debonding). Dalam pengujian dampak, perpatahan spesimen dapat dikategorikan menjadi tiga golongan.

1. Patahan berserat (fibrous fracture) merupakan mekanisme kerusakan material yang umum terjadi pada logam ulet (ductile), ditandai dengan

deformasi plastis yang signifikan sebelum terjadinya patahan akhir. Mekanisme ini melibatkan pergerakan bidang kristal dan dislokasi dalam struktur material, di mana ketika beban diterapkan, terjadi akumulasi dislokasi yang membentuk jaringan kompleks sebelum akhirnya membentuk retakan. Berbeda dengan patahan rapuh (brittle fracture) yang terjadi secara tiba-tiba, patahan berserat berkembang secara bertahap dengan permukaan patahan yang menunjukkan tekstur berserat atau beralur, mencerminkan deformasi plastis yang telah terjadi sebelumnya. Proses ini menunjukkan kemampuan material untuk menyerap energi dalam jumlah besar sebelum gagal, menjadikan patahan berserat sebagai indikator material dengan ketahanan yang baik terhadap beban. Pemahaman mendalam tentang karakteristik patahan berserat sangat penting dalam bidang rekayasa material, khususnya untuk aplikasi yang membutuhkan keandalan struktural tinggi dan tahan terhadap beban dinamis, serta berguna dalam analisis kegagalan material untuk pengembangan material yang lebih baik.



Gambar 2. 6 Patahan Berserat [15]

2. Patahan granul atau kristalin merupakan jenis kerusakan yang terjadi pada material, khususnya logam yang bersifat rapuh (brittle), dan disebabkan oleh mekanisme pembelahan (cleavage) yang mempengaruhi butiran dalam struktur material. Dalam kondisi ini, ketika material mengalami beban yang melebihi batas kekuatannya, keretakan dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya deformasi plastis yang signifikan. Proses ini mengikuti batas butiran, di mana retakan akan bergerak dengan cepat melalui struktur kristalin, menghasilkan permukaan patahan yang halus dan bersih. Ciri khas dari patahan granul adalah adanya permukaan yang tampak terpisah dengan jelas, mencerminkan sifat rapuh dari material tersebut. Patahan ini sering

kali terjadi pada material yang memiliki kekuatan tinggi tetapi ketahanan terhadap deformasi yang rendah, sehingga pemahaman tentang mekanisme patahan granul sangat penting dalam rekayasa material untuk menghindari kegagalan yang tidak terduga dan untuk merancang material yang lebih tahan terhadap kerusakan.



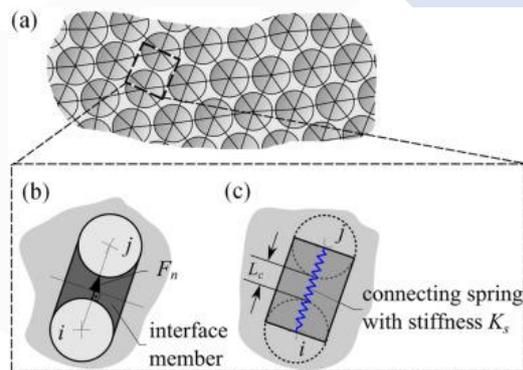
Gambar 2. 7 Patahan Granul [15]

3. Patahan campuran, yang mencakup kombinasi antara patahan berserat dan patahan granul atau kristalin, terjadi ketika material mengalami kedua mekanisme kerusakan secara bersamaan, sering kali sebagai hasil dari variasi dalam sifat material atau kondisi beban yang diterapkan. Dalam patahan campuran, bagian dari material dapat menunjukkan karakteristik patahan berserat, di mana deformasi plastis terjadi sebelum keretakan, sementara bagian lainnya mungkin menunjukkan ciri-ciri patahan granul, di mana keretakan terjadi secara tiba-tiba dan mengikuti batas butiran. Fenomena ini sering kali terjadi pada material yang memiliki struktur mikro yang tidak homogen atau pada kondisi di mana beban yang diterapkan bervariasi, sehingga memicu respons yang berbeda di berbagai area material. Patahan campuran dapat menjadi indikator penting dalam analisis kegagalan, karena menunjukkan bahwa material tidak hanya mengalami satu jenis kerusakan, tetapi juga mengindikasikan adanya interaksi kompleks antara sifat mekanik dan struktur material. Memahami mekanisme patahan campuran sangat penting dalam rekayasa material untuk merancang komposit yang lebih kuat dan lebih tahan lama, serta untuk meningkatkan keandalan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap berbagai jenis beban.

2.3.2 Klasifikasi komposit

Komposit di klasifikasikan menjadi beberapa bagian antara lain:

1. Komposit partikulat adalah jenis material yang terdiri dari partikel partikel yang terdispersi dalam matriks, seperti logam paduan dan keramik. Karena partikel partikel ini biasanya ditambahkan secara acak, komposit ini cenderung bersifat isotropik. Beberapa keuntungan dari komposit partikulat meliputi peningkatan kekuatan mekanik, kemampuan untuk beroperasi pada suhu tinggi, serta ketahanan terhadap oksidasi. Contoh umum komposit partikulat adalah penggunaan partikel aluminium pada karet, partikel silikon karbida yang dicampurkan dengan aluminium, serta campuran krikil, pasir, semen yang dicampurkan menjadi beton.



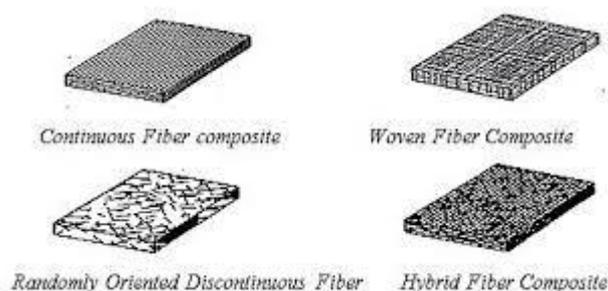
Gambar 2. 8 Komposit Partikulat [14]

2. Komposit serpihan adalah jenis material yang terdiri dari penguat berbentuk datar yang terbenam dalam matriks. Bahan-bahan yang umum digunakan untuk serpihan meliputi kaca, mika, aluminium, dan perak. Keunggulan dari komposit serpihan mencakup modulus lentur yang tinggi dalam arah tegak, peningkatan kekuatan, serta biaya produksi yang relatif rendah. Namun, salah satu kelemahan dari komposit ini adalah kesulitan dalam mengorientasikan serpihan dengan tepat, serta terbatasnya pilihan bahan yang dapat digunakan dalam proses pembuatannya.



Gambar 2. 9 Komposit Serpihan [14]

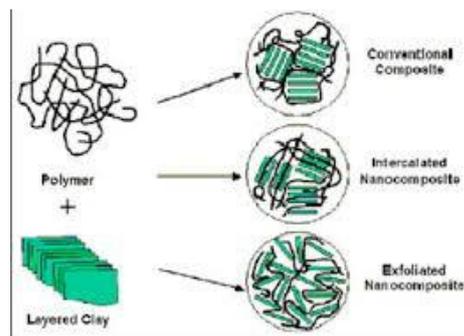
3. Komposit serat adalah material yang terdiri dari matriks yang diperkuat dengan serat, yang bisa berupa serat pendek (tidak kontinu) atau serat panjang (kontinu). Serat dalam komposit ini biasanya bersifat anisotropik, dengan contoh umum seperti serat karbon dan aramid. Matriks yang digunakan dapat berupa resin, seperti epoksi, logam seperti aluminium, atau keramik seperti kalsium-aluminosilikat. Fokus utama dalam pembahasan ini adalah pada komposit serat kontinu, yang akan dijelaskan lebih lanjut dalam bab ini berdasarkan jenis matriks yang digunakan: polimer, logam, keramik, dan karbon. Unit dasar dari komposit serat kontinu adalah lamina yang terbuat dari serat yang terorientasi searah atau anyaman. Lamina-lamina ini disusun berlapis-lapis pada sudut yang berbeda untuk membentuk struktur laminasi yang multi arah.



Gambar 2. 10 Komposit Serat [14]

4. Nanokomposit adalah jenis material yang memiliki komponen dengan ukuran pada skala nanometer (10^{-9} m). Untuk dapat dikategorikan sebagai nanokomposit, setidaknya salah satu komponen harus memiliki ukuran kurang dari 100 nm. Pada skala ini, sifat-sifat material dapat berbeda secara signifikan dibandingkan dengan material konvensional yang lebih besar.

Umumnya, bahan komposit yang lebih maju memiliki konstituen pada skala mikro (10^{-6} m). Dengan menggunakan material pada skala nanometer, banyak sifat dari komposit yang dihasilkan dapat ditingkatkan dibandingkan dengan yang berbasis mikro. Namun, tidak semua karakteristik nanokomposit lebih unggul; dalam beberapa situasi, ketangguhan dan kekuatan impact mungkin mengalami penurunan.



Gambar 2. 11 Nanokomposit [14]

2.4 Serat

2.4.1 Serat Ijuk

Serat ijuk adalah serat alami yang diperoleh dari pohon aren (*Arenga pinnata*), khususnya dari bagian pangkal pelepah daun aren yang sudah tua. Serat ini berbentuk helaian benang berwarna hitam, berdiameter kurang dari 0,5 mm, dan bersifat kaku namun lentur serta tahan lama [16]

Serat ijuk merupakan salah satu jenis serat alami yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri tekstil hingga bahan bangunan. Serat ini dihasilkan dari bagian luar buah kelapa, yang dikenal sebagai mesokarp, dan memiliki karakteristik unik yang menjadikannya pilihan yang menarik dalam berbagai bidang. [17]

Serat ijuk memiliki beberapa keunggulan antara lain:

1. Tahan terhadap pelapukan, asam, dan garam air laut
2. Daya serap air rendah sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembapan

3. Ketahanan alami terhadap serangan mikroorganisme karena struktur serat yang menjalin dan permukaan yang halus

Secara struktural, serat ijuk terdiri dari serat selulosa yang memiliki kekuatan tarik yang baik dan ketahanan terhadap kelembapan. Sifat ini disebabkan oleh komposisi kimia serat ijuk yang kaya akan lignin dan hemiselulosa, yang memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap pembusukan. Selain itu, serat ijuk juga memiliki sifat elastisitas yang baik. [18]

Tabel 2. 1 Kandungan Kimia Serat Ijuk [19]

Kandungan Kimia	Komposisi
Selulosa	27% - 51,54%
Lignin	41,88%- 52,87%
Hemiselulosa	5,2% - 15,88%
Air	8,9%

Dalam konteks komposit, serat ijuk sering digunakan sebagai bahan penguat dalam matriks polimer, karena kemampuannya untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan material. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat ijuk dalam komposit dapat meningkatkan sifat mekanik, seperti kekuatan tarik dan modulus elastis, dibandingkan dengan matriks polimer tanpa serat. Hal ini menjadikan serat ijuk sebagai alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam pengembangan material komposit.

Selain sifat mekaniknya, serat ijuk juga memiliki keunggulan dalam hal keberlanjutan. Sebagai bahan alami, serat ijuk dapat terurai secara hayati dan memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan serat sintetis. Penggunaan serat ijuk dalam berbagai aplikasi tidak hanya mendukung pengurangan limbah plastik, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi industri pertanian dan pengolahan kelapa.



Gambar 2. 12 Serat Ijuk [20]

2.4.2 Serat Daun Jagung

Serat daun jagung, umumnya dikenal sebagai serat kulit jagung (klobot), adalah serat alami yang diambil dari bagian pembungkus tongkol jagung (*Zea mays*). Serat ini merupakan limbah pertanian yang melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif untuk berbagai produk, termasuk komposit, kerajinan, dan tekstil [21]

Serat daun jagung memiliki struktural yang terdiri dari 44,08-63,33% Selulosa yang memberikan kekuatan tarik dan rigiditas [22], hingga 67% Hemiselulosa yang berperan dalam fleksibilitas [23], dan 2-15% Lignin yang berfungsi sebagai pengikat alami antar serat [24]. Serat ini memiliki struktur mikro yang unik dengan diameter berkisar 10-20 μm dan panjang 0,5-1,5 mm, menghasilkan rasio aspek (panjang/diameter) yang cukup tinggi untuk aplikasi komposit.

Tabel 2. 2 Kandungan Kimia Serat Daun Jagung

Kandungan Kimia	Komposisi
Selulosa	44,08-63,33%
Lignin	hingga 67%
Hemiselulosa	2-15%

Serat daun jagung memiliki beberapa keunggulan utama antara lain:

1. Ramah lingkungan
2. Ketersediaan yang tinggi hasil dari limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara optimal
3. Biaya produksi yang cenderung rendah dibandingkan dengan serat sintetis



Gambar 2. 13 Serat Daun Jagung [24]

2.4.3 Serat Daun Nanas

Serat daun nanas (*pineapple leaf fibre*) adalah serat alami yang diperoleh dari daun tanaman nanas (*Ananas comosus*). Serat ini termasuk dalam kelompok serat tumbuhan (*vegetable fibre*) dan telah lama dimanfaatkan sebagai bahan baku tekstil, kerajinan tangan, serta komposit ramah lingkungan. [25]

Kandungan selulosa yang tinggi menjadikan serat daun nanas kuat, lentur, dan ringan. Serat yang dihasilkan dari daun nanas yang cukup dewasa dan tumbuh di tempat dengan intensitas sinar matahari sebagian terlindung umumnya lebih panjang, halus, dan kuat, bahkan mirip dengan serat sutra. Serat daun nanas memiliki kekuatan tarik dan kekakuan lentur yang lebih tinggi dibandingkan serat kapas, sehingga cocok digunakan sebagai bahan penguat komposit, tekstil, dan produk kerajinan. Serat ini juga ramah lingkungan karena berasal dari limbah pertanian dan mudah terurai secara alami.

Tabel 2. 3 Kandungan Kimia Serat Daun Nanas (Hidayat,2008)

Kandungan Kimia	Komposisi
Selulosa	69,5% - 71,5%
Lignin	4,4% - 4,7%
Hemiselulosa	17% - 17,8%



Gambar 2. 14 Serat Daun Nanas [25]

2.5 Perendaman NaOH

Perendaman serat alam dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) atau yang dikenal sebagai perlakuan alkali adalah proses penting dalam pengolahan komposit berbasis serat alam. Tujuan utama perlakuan ini adalah untuk meningkatkan sifat permukaan serat dengan menghilangkan kotoran, lapisan lilin, hemiselulosa, pektin, dan lignin yang menutupi permukaan serat. Dengan demikian, adhesi antara serat dan matriks polimer dapat meningkat, sehingga memperbaiki kekuatan mekanik komposit. Perlakuan dengan konsentrasi NaOH sekitar 5% dan waktu perendaman optimal sekitar 2 jam umumnya menghasilkan peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit

Adapun beberapa manfaat dari perlakuan alkali pada komposit antara lain:

1. NaOH melarutkan lapisan hemiselulosa, pektin, dan lignin yang menutupi serat, sehingga permukaan serat menjadi lebih kasar dan bersih, meningkatkan daya rekat dengan matriks resin
2. Meningkatkan kekasaran permukaan, Permukaan serat yang lebih kasar meningkatkan ikatan mekanik antara serat dan matriks
3. Merubah struktur serat, Perlakuan alkali dapat membuka struktur kristalin selulosa, meningkatkan interaksi antar serat dan matriks

Beberapa dampak yang terjadi terhadap perlakuan alkalisai adalah:

1. Komposit menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan lentur karena ikatan antar serat dan matriks yang lebih baik.
2. Perlakuan alkali juga meningkatkan ketahanan terhadap benturan (impak)
3. Komposit dengan serat yang telah direndam NaOH menunjukkan penurunan kegagalan fiber pull-out, menandakan adhesi yang lebih baik antara serat dan matriks

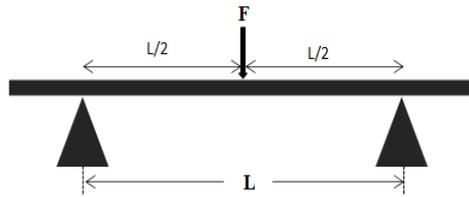


Gambar 2. 15 NaOH [15]

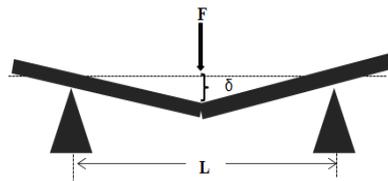
2.6 Pengujian Komposit

2.6.1 Uji *Bending*

Uji *Bending* adalah suatu metode pengujian yang bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitas dari spesimen komposit saat diberikan beban pada area lentur. Dalam pelaksanaan uji lentur, terdapat dua metode yang paling umum digunakan, yaitu metode tiga titik dan metode empat titik. Pada pengujian lentur dengan metode tiga titik, terdapat tiga titik penting: dua titik tumpuan yang terletak di ujung spesimen dan satu titik beban yang berada di tengah. Pada titik beban ini, beban maksimum diterapkan pada material, sehingga bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah mengalami tarikan, yang menyebabkan spesimen mengalami deformasi hingga akhirnya melengkung atau patah.



Gambar 2. 16 Uji *Bending* sebelum diberi beban [26]



Gambar 2. 17 Uji *Bending* setelah diberi beban [26]

Pada saat spesimen komposit dilakukan pengujian *bending*, Rumus momen adalah sebagai berikut:

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{2} \dots \dots \dots (2.1)$$

Rumus kekuatan *bending* dari material komposit adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot d} \dots \dots \dots (2.2)$$

Rumus persamaan nilai modulus elastisitas spesimen komposit sebagai berikut:

$$Eb = \frac{L^3 \cdot F}{4 \cdot b \cdot d^3 \delta} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

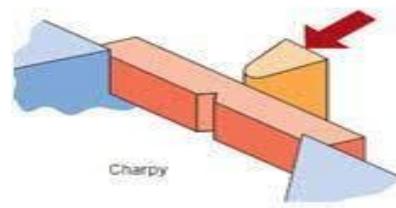
- σ_b = Kekuatan *bending* (N/mm²)
- F = Beban yang diberikan (N)
- L = Jarak antara dua titik tumpuan (mm)
- b = Lebar sampel uji (mm)

- d = Tebal sampel uji (mm)
- δ = Defleksi (mm)
- Eb = Modulus elastisitas *bending* (N/mm²)

2.6.2 Uji Impak

Uji impak adalah pengujian mekanis yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan material komposit terhadap beban kejut dengan cara memberikan pembebanan yang cepat. Selama pelaksanaan uji impak, spesimen yang terkena beban akan mengalami penyerapan energi yang signifikan, yang kemudian diubah menjadi berbagai reaksi dalam material, seperti deformasi plastis, gesekan, inersia, dan efek inersia. Secara umum, terdapat dua metode utama dalam uji impak, yaitu:

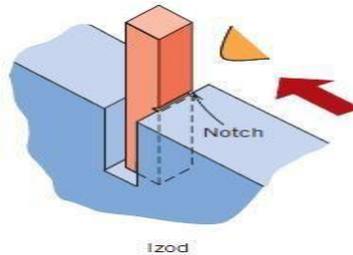
1. Metode Charpy adalah teknik pengujian tumbukan di mana sampel diletakkan secara horizontal pada penyangga, dengan arah beban berlawanan terhadap bagian yang memiliki takik. Pada bagian yang tidak memiliki takik, dipasang sebuah pendulum yang berayun dengan kecepatan sekitar 16 ft/detik, dengan panjang lengan pendulum mencapai 400 mm.



Gambar 2. 18 Uji Impak Metode Charpy [20]

2. Metode Izod adalah teknik uji impak di mana spesimen diletakkan dengan bagian yang memiliki takik sejajar dengan arah pembebanan dan pada titik tumpu. Metode ini relatif jarang digunakan, dan biasanya lebih umum diterapkan di negara-negara Eropa. Spesimen yang diuji memiliki

penampang lintang berbentuk persegi atau lingkaran, dengan takik berbentuk V di ujung yang dijepit.



Gambar 2. 19 Uji Impak Metode Izod [20]

Dasar perhitungan untuk menghitung energi yang diserap oleh material dengan memakai rumus persamaan energi potensial yaitu:

$$E = m \cdot g \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

- E = Energi Sebelum Tumbukan (J)
- m = Berat massa pendulum (kg)
- g = Gaya Gravitasi (m/s²)
- cos β = sudut pendulum menggunakan benda uji (°)
- cos α = sudut pendulum tidak menggunakan benda uji

kekuatan impact benda yang diuji dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H1 = \frac{E}{A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan

- H1 = kekuatan Impact (J/mm²)
- E = Energi sebelum tumbukan (J)
- A = Luas penampang spesimen di bawah takikan (mm²)

2.7 Perhitungan fraksi serat

Perhitungan fraksi volume sangat penting mengingat persentase dari matriks dan juga serat sangat mempengaruhi hasil akhir dari komposit. Untuk menentukan berapa besar volume cetakan dan massa jenis serat pada komposit maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. volume cetakan

$$V_c = P \cdot l \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- V_c = Volume Cetakan (cm^3)
- P = Panjang cetakan (cm)
- l = Lebar cetakan (cm)
- t = Tebal cetakan (cm)

2. massa jenis serat

$$P = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

- P = Massa Jenis (g/cm^3)
- M = massa serat (gr)
- V = Volume cetakan (cm^3)

Setelah mendapatkan volume cetakan dan massa jenis dari serat maka selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari perhitungan fraksi volume serat yang digunakan dengan persamaan berikut:

1. volume komposit tanpa serat

$$V_{matriks} = V_c \cdot P_{matriks} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

$V_{matriks}$ = volume matriks (g/mm³)
 V_c = volume cetakan (cm³)
 $P_{matriks}$ = massa jenis matriks (g/mm³)

2. volume komposit tanpa matriks

$$V_s = V_c \cdot P_{serat} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

V_s = volume serat (g/mm³)
 V_c = volume cetakan (cm³)
 P_{serat} = massa jenis serat (g/mm³)

3. volume komposit

$$V_{komposit} = (\% \text{ serat} \cdot V \text{ serat}) + (\% \text{ matriks} \cdot V \text{ matriks}) \dots (2.10)$$

Keterangan:

$V_{komposit}$ = volume komposit (gr)
 V_{serat} = volume serat (cm³)
 $V_{matriks}$ = volume matriks (cm³)

2.8 Metode eksperimental

Metode penelitian eksperimental adalah pendekatan yang digunakan untuk menguji hipotesis melalui manipulasi variabel independen dan pengamatan efeknya terhadap variabel dependen. Metode ini bertujuan untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara variabel dengan cara yang terkontrol dan sistematis. Dalam penelitian eksperimental, peneliti dapat mengontrol kondisi percobaan dan mengurangi pengaruh variabel luar yang dapat memengaruhi hasil. [27]

Karakteristik dari metode penelitian eksperimental:

1. Memanipulasi (mengubah) variabel bebas untuk melihat pengaruh dari masing masing variabel
2. Variabel terikat diukur untuk mengetahui efek dari manipulasi
3. Menkontrol faktor faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil agar tidak mengganggu hubungan sebab-akibat
4. Eksperimen dapat diulang untuk memverifikasi hasil dan meningkatkan validitas.

Metode penelitian eksperimental banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu karena mampu untuk menguji hubungan sebab-akibat secara sistematis dan terkontrol.

2.9 Nilai standart Kekuatan

Pada standar SNI (standar Nasional Indonesia) untuk nilai kekuatan *bending* dan impak pada *blade* turbin kincir angin berbahan dasar komposit secara spesifik belum diatur dan belum tersedia dalam dokumen SNI yang di angkat dari IEC menyebut nilai numerik dari kekuatan material *blade* turbin. Namun pada beberapa penelitian didapatkan beberapa hasil nilai tertinggi sebesar **13,21 MPa** menggunakan standar ASTM D790. Dan pada pengujian impak didapatkan hasil pada beberapa studi komposit berkisar **24-33 kJ/m²**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurrahman. Luthfi Humaidi, "Studi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Ditinjau dari aspek pembangkit energi listrik," 2015.
- [2] Ozkarr F. Homzah. Ella Sundari. Rachmat Dwi Sampurno. Ogi Meita Utami. Lili Rachmawati, "Studi Performasi Sudu Turbin Angin Tipe Vertical Axis Berbahan Komposit," 2023.
- [3] Akmal. Mastariyanto Perdana. Rahmada Saputra. Hendriwan Fahmi. Sulaiman, "Analisa Daya Turbin Angin Sumbu Horizontal BladeTaperless Berbahan Komposit Hybrid dengan AirfoilBlade Tipe NACA," *Jurnal Rekayasa Energi dan Mekanika*, 2022.
- [4] Antonov Bachtiar. Wahyudi Hayattul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2018.
- [5] Siregar. Jeffrin PHM, "Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung," 8 december 2015. [Online]. Available: <https://dkp.babelprov.go.id/content/statistika-wilayah-pesisir-dan-pulau-pulau-di-bangka-belitung>.
- [6] Asnal Effendi. Mori Novriyanti. Arfita Yuana Dewi. Andi M. Nur Putra, "Analisa Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2019.
- [7] Crodita Bangkit Wiranegara. Xander Salahudin. Sri Hastuti, "Pemanfaatan Serat Alam dan Serat Sintetis SebagaiMaterial Bilah Horizontal Axis Wind Turbine," 2022.

- [8] Dean Corio. Ritnawati. Muhammad 'atiq. Muhammad Ihsan Mukrim Yanti. Muh Setiawan. Ahmad Thamrin Dahri. Muh rais Nita Suleman. Haerul Akmadi. Mursalim. Rosnita Rauf, *Energi Indonesia: Masalah dan Potensi Pembangkit Listrik dalam Mewujudkan Kemandirian Energi*, Yayasan Kita Menulis, 2023.
- [9] Reinhard Jordan Sianipar. Ralditiya Rifki Januar. Stevay David Christian Silalahi, "Analisis Pemetaan Potensi dan Realisasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dengan Pemodelan Determinan Konsumsi dan Metode Grouping Analysis EBT di Indonesia," *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, p. 31, 2024.
- [10] Hassan. Viktor. Al-musawi, "The Renewable Energy role in the global energy Transformation Renewable energy focus," 2024.
- [11] Parulian Siagian. Nita Sulaiman. Jhon Sufriadi Purba Asrim. Tambi. Setyo Erna Widiyanti Wa Ode Zulia Prihatini. Andi Budirohmi. Rakhmad Arnus, *Energi Baru Terbarukan Sebagai Energi Alternatif*, Yayasan Kita Menulis, 2023.
- [12] Sulaiman.Rahmat Alfuqan. Akmal. Mastariyanto Perdana, "Pengaruh Jenis Material Blade Turbin Angin Terhadap Putaran dan Daya Listrik Yang Dihasilkan," *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 2023.
- [13] Sulaiman.Rahmat Alfuqan. Akmal. Mastariyanto Perdana, "Pengaruh Jenis Material Blade Turbin Angin Terhadap Putaran dan Daya Listrik Yang Dihasilkan," *Jurnal Teknologi dan Vokasi*.
- [14] Thahjanti. Prantasi Harmini, *Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer*, Sidoarjo: UMSIDA Press, 2018.
- [15] Edi Widodo. Iswanto, *Buku Ajar Mekanika Komposit dan Bio-Komposit*, Sidoarjo: UMSIDA Press, 2022.

- [16] Sendari. Anugerah Ayu, "Liputan 6," 22 Februari 2025. [Online]. Available: <https://www.liputan6.com/feeds/read/5873261/perbedaan-ijuk-dan-sabut-kelapa-karakteristik-manfaat-dan-penggunaan?page=2>.
- [17] Mohd. Zimuddin, "Properties of Coconut Fiber Reinforced Polymer Composites: A Review," *Journal of Materials Science and Engineering*, 2015.
- [18] Sreekala. Thomas, "Fiber Reinforced Natural Composites." *Composites Science and Technology*, 2003.
- [19] Christiani. Evi, "Karakteristik Ijuk Pada papan komposit ijuk pada serat pendek sebagai perisai radiasi Neutron," 2008.
- [20] Thakur, "Processing and Characterization of Natural Fiber Reinforced Composites," *Journal of Materials Research and Technology*, pp. 220-227, 2014.
- [21] Resdina Silalahi. Perdinan Sinuhaji. Tua Raja Simbolon, "Pembuatan dan Karakteristik Komposit serat Kulit Jagung- Poliester Dengan Metode Chopped Strand Mat," 2015.
- [22] Bahri. Syamsul, "Pembuatan Serbuk PURL dari Daun Jagung," *Jurnal Teknologi Kimia*, 2015.
- [23] Suarni. Muh Yasin, "Jagung Sebagai Sumber Pangan Fungsional," 2011.
- [24] Rachmawati Apriani. Nurul Ajeng Susilo. Frans Ferdinand. Iyas Majita. Early Mahardika. Erlita Kusuma Wardhani. Alby Venrian. Rachmawati Apriani, "Kulit Jagung Untuk Pembuatan Kertas Kemasan Dengan Proses Hidrotermal Dengan Metode Soda," *Jurnal Vokasi Teknologi Industri*, 2020.
- [25] Hidayat. Pratikno, "Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil," *Teknoin*, 2008.

- [26] Ubaidillah, "Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Binderless Dari Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Sengon," 2019.
- [27] McLeod, "Experimental Research," *simply psychology*, 2018.
- [28] Adha, "Pengaruh Curing Time Terhadap Material Komposit Serat Kulit Jagung Sebagai Alternatif Bumper Mobil," 2023.
- [29] Ubaidillah, "Variasi fenetik tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Dibeberapa wilayah Indonesia Berdasarkan karakter batan dan daun," 2018.
- [30] Hidayat. Pratiko, "Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil," *Teknoin*, 2008.



LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi



Nama : Novia Arista Dwi Ramadina
Tempat, Tanggal Lahir : Batam, 13 November 2004
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Desa Jurung, Merawang, Bangka, Bangka Belitung
No Telp/Hp : 082186788051
Email : noviaaristadwiramadina@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SDN 007 BENGKONG BATAM	(2010-2016)
SMPN 2 SUNGAILIAT	(2016-2019)
SMAN 1 SUNGAILIAT	(2019-2022)
D-IV POLMAN BABEL	(2022-2026)

Sungailiat, 1 Juli 2025

Novia Arista Dwi Ramadina



LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN RASIO VOLUME MATRIKS

1. Perhitungan Spesimen Uji *Bending*

Diketahui : Panjang Cetakan = 150 mm
Lebar cetakan = 12,5 mm
Tebal Cetakan = 3 mm

Ditanya : volume cetakan uji *bending*

Jawab :

$$\begin{aligned}V_{\text{cetakan}} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{tebal} \\ &= 150 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 5.625 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Diketahui : $V_{\text{cetakan}} = 5,625 \text{ cm}^3$
Massa Jenis Serat Ijuk = $1,136 \text{ g/cm}^3$
Massa Jenis Serat daun Jagung = $1,07 \text{ g/cm}^3$
Massa Jenis Serat Daun Nanas = $1,07 \text{ g/cm}^3$
Fraksi Volume = 95% : 5%
Massa Jenis Resin = $1,215 \text{ g/cm}^3$
Massa Jenis Katalis = $1,25 \text{ g/cm}^3$

Ditanya : Volume Serat, Volume Resin, dan Volume katalis

Jawab:

a. Serat Ijuk

$$\begin{aligned}V_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat} \\ &= 5,625 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,136 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,31 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 5,625 \text{ cm}^3 \times 95\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3 \\ &= 6,49 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\ &= 6,49 \text{ gr} \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,08 \text{ gr}\end{aligned}$$

b. Serat Daun Jagung

$$V_{\text{serat}} = V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat}$$

$$= 5,625 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,07 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,30 \text{ gr}$$

$$V_{\text{Resin}} = V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin}$$

$$= 5,625 \text{ cm}^3 \times 95\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$$

$$= 6,49 \text{ gr}$$

$$V_{\text{Katalis}} = V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis}$$

$$= 6,49 \text{ gr} \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,08 \text{ gr}$$

c. Serat Daun Nanas

$$V_{\text{serat}} = V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat}$$

$$= 5,625 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,07 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,30 \text{ gr}$$

$$V_{\text{Resin}} = V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin}$$

$$= 5,625 \text{ cm}^3 \times 95\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3$$

$$= 6,49 \text{ gr}$$

$$V_{\text{Katalis}} = V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis}$$

$$= 6,49 \text{ gr} \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,08 \text{ gr}$$

2. Perhitungan Spesimen Uji Impak

Diketahui : Panjang Cetakan = 62,5 mm = 6,25 cm

Lebar cetakan = 12,5 mm = 1,25 cm

Tebal Cetakan = 3 mm = 0,3 cm

Alas tukik = 0,25 mm = 0,025 cm

Tinggi tukik = 1,15 mm = 0,115 cm

Ditanya : Volume Cetakan Impak

Jawab :

$$V_{\text{cetakan}} = (\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tebal}) - (1/2 \times \text{Alas Tukik} \times \text{Tinggi} \times \text{Tebal})$$

$$= (6,25 \text{ cm} \times 1,25 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}) - (1/2 \times 0,025 \text{ cm} \times 0,115 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm})$$

$$= (2,343 \text{ cm}^3) - (0,00043125)$$

$$= 2,343 \text{ cm}^3$$

Diketahui :	Vcetakan	= 2,343 cm ³
	Massa Jenis Serat Ijuk	= 1,136 g/cm ³
	Massa Jenis Serat daun Jagung	= 1,07g/cm ³
	Massa Jenis Serat Daun Nanas	= 1,07g/cm ³
	Fraksi Volume	= 95% : 5%
	Massa Jenis Resin	= 1,215 g/cm ³
	Massa Jenis Katalis	= 1,25 g/cm ³

Ditanya : Volume Serat, Volume Resin, dan Volume katalis

Jawab:

a. Serat Ijuk

$$\begin{aligned}
 V_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat} \\
 &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,136 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0,13 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 95 \% \times 1,215 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 2,70 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 2,70 \text{ gr} \times 1 \% \times 1,25 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0,03 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

b. Serat Daun Jagung

$$\begin{aligned}
 V_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat} \\
 &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,07\text{g/cm}^3 \\
 &= 0,12 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 95 \% \times 1,215 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 2,70 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

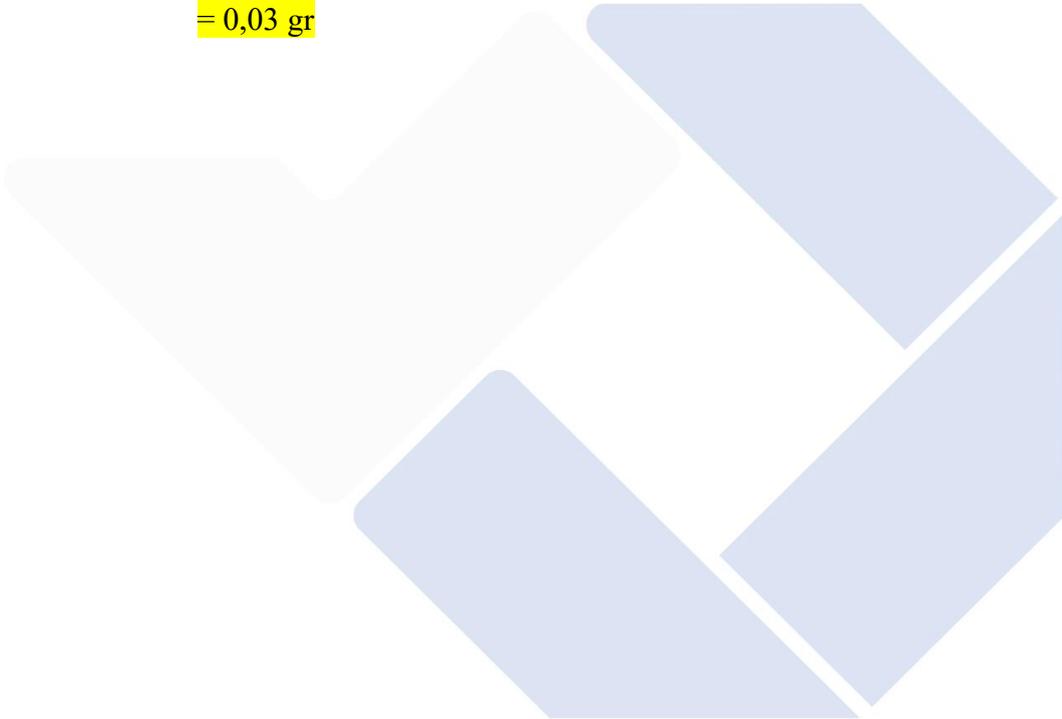
$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 2,70 \text{ gr} \times 1 \% \times 1,25 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0,03 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Serat Daun Nanas

$$\begin{aligned}V_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis serat} \\ &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 5\% \times 1,07\text{g/cm}^3 \\ &= 0,12 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 2,343 \text{ cm}^3 \times 95\% \times 1,215 \text{ g/cm}^3 \\ &= 2,70 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Persentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\ &= 2,70 \text{ gr} \times 1\% \times 1,25 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0,03 \text{ gr}\end{aligned}$$





LAMPIRAN 3
PERHITUNGAN UJI IMPAK

1. Serat Daun Ijuk Sampel 1

Diketahui:	$I = 400\text{mm}$	ditanya:	h_0	?
	$\cos \alpha = \cos 150^\circ$		h_1	?
	$\cos \beta = \cos 141^\circ$		E	?
	$m = 2,5 \text{ kg}$		A	?
	$g = 10 \text{ m/s}^2$		H	?
	$P = 11,35 \text{ mm}$			
	$L = 3 \text{ mm}$			

Jawab :

$$\begin{aligned} H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 141^\circ) \\ &= 710,8583 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 710,8583 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\ &= 0,8875 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,88 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,88 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,88 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0258 \text{ J/mm}^2 \\ &= 25,8 \text{ kj/m}^2 \end{aligned}$$

Sampel 2

Diketahui:	I = 400mm	ditanya:	h ₀ ?
	cos α = cos 150°		h ₁ ?
	cos β = cos 141°		E ?
	m = 2,5 kg		A ?
	g = 10 m/s ²		H ?
	P = 11,35 mm		
	L = 3 mm		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\&= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 141^\circ) \\&= 710,8583 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 710,8583 \text{ mm}) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\&= 0,8875 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\&= 0,88 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\&= 0,88 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\&= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\&= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\&= \frac{0,88 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\&= 0,0258 \text{ J/mm}^2 \\&= 25,8 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

Sampel 3

Diketahui :	I = 400mm	ditanya :	h ₀ ?
	cos α = cos 150°		h ₁ ?
	cos β = cos 142°		E ?
	m = 2,5 kg		A ?
	g = 10 m/s ²		H ?
	P = 11,35 mm		
	L = 3 mm		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 142^\circ) \\ &= 715,2043 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 715,2043 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\ &= 0,78 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,78 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,78 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,78 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0229 \text{ J/mm}^2 \\ &= 22,9 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

2. Serat Daun Jagung

Sampel 1

Diketahui :	$I = 400\text{mm}$	ditanya :	h_0	?
	$\cos \alpha = \cos 150^\circ$		h_1	?
	$\cos \beta = \cos 145^\circ$		E	?
	$m = 2,5 \text{ kg}$		A	?
	$g = 10 \text{ m/s}^2$		H	?
	$P = 11,35 \text{ mm}$			
	$L = 3 \text{ mm}$			

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 145^\circ) \\ &= 727,6608 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 727,6608 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0187 \text{ m} \\ &= 0,46 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,46 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,46 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,46 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0135 \text{ J/mm}^2 \\ &= 13,5 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

Sampel 2

Diketahui :	I = 400mm	ditanya :	h ₀ ?
	cos α = cos 150°		h ₁ ?
	cos β = cos 145°		E ?
	m = 2,5 kg		A ?
	g = 10 m/s ²		H ?
	P = 11,35 mm		
	L = 3 mm		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 145^\circ) \\ &= 727,6608 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 727,6608 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0187 \text{ m} \\ &= 0,46 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,46 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,46 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,46 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0135 \text{ J/mm}^2 \\ &= 13,5 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

Sampel 3

Diketahui :	I = 400mm	ditanya :	h ₀ ?
	cos α = cos 150°		h ₁ ?
	cos β = cos 146°		E ?
	m = 2,5 kg		A ?
	g = 10 m/s ²		H ?
	P = 11,35 mm		
	L = 3 mm		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\&= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 146^\circ) \\&= 731,6150 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 731,6150 \text{ mm}) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0147 \text{ m} \\&= 0,36 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\&= 0,36 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\&= 0,36 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\&= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\&= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\&= \frac{0,36 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\&= 0,0105 \text{ J/mm}^2 \\&= 10,5 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

3. Serat Daun Nanas

Sampel 1

Diketahui :	I = 400mm	ditanya :	h_0 ?
	$\cos \alpha = \cos 150^\circ$		h_1 ?
	$\cos \beta = \cos 141^\circ$		E ?
	m = 2,5 kg		A ?
	g = 10 m/s ²		H ?
	P = 11,35 mm		
	L = 3 mm		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 141^\circ) \\ &= 710,8583 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 710,8583 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\ &= 0,8875 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,88 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,88 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,88 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0258 \text{ J/mm}^2 \\ &= 25,8 \text{ kJ/m}^2\end{aligned}$$

Sampel 2

Diketahui :	$I = 400\text{mm}$	ditanya :	$h_0 ?$
	$\cos \alpha = \cos 150^\circ$		$h_1 ?$
	$\cos \beta = \cos 142^\circ$		$E ?$
	$m = 2,5 \text{ kg}$		$A ?$
	$g = 10 \text{ m/s}^2$		$H ?$
	$P = 11,35 \text{ mm}$		
	$L = 3 \text{ mm}$		

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\&= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\&= 400\text{mm} (1 - \cos 142^\circ) \\&= 715,2043 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 715,2043 \text{ mm}) \\&= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\&= 0,78 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\&= 0,78 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\&= 0,78 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\&= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\&= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\&= \frac{0,78 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\&= 0,0229 \text{ J/mm}^2 \\&= 22,9 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

Sampel 3

Diketahui :	$I = 400\text{mm}$	ditanya :	h_0	?
	$\cos \alpha = \cos 150^\circ$		h_1	?
	$\cos \beta = \cos 142^\circ$		E	?
	$m = 2,5 \text{ kg}$		A	?
	$g = 10 \text{ m/s}^2$		H	?
	$P = 11,35 \text{ mm}$			
	$L = 3 \text{ mm}$			

Jawab :

$$\begin{aligned}H_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 150^\circ) \\ &= 746,4101 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ &= 400\text{mm} (1 - \cos 142^\circ) \\ &= 715,2043 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 715,2043 \text{ mm}) \\ &= 2,5 \text{ kg} \times 10\text{m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\ &= 0,78 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ &= 0,78 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,78 \text{ J}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= P \times L \\ &= 11,35 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \\ &= 34,05 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H &= \frac{E}{A} \\ &= \frac{0,78 \text{ J}}{34,05 \text{ mm}^2} \\ &= 0,0229 \text{ J/mm}^2 \\ &= 22,9 \text{ kj/m}^2\end{aligned}$$

UJI EFISIENSI VARIASI KOMPOSIT SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL BLADE TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN-1(2)(1).pdf

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	7%
2	ejournal2.undip.ac.id Internet Source	1%
3	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%
4	docplayer.info Internet Source	1%
5	repository.ung.ac.id Internet Source	1%
6	repository.usd.ac.id Internet Source	<1%
7	id.123dok.com Internet Source	<1%
8	Submitted to itera Student Paper	<1%
9	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1%
10	www.liputan6.com Internet Source	<1%
11	eprints.walisongo.ac.id Internet Source	<1%