MODEL SISTEM STRUKTUR BAMBU PENAMPANG TUNGGAL MENGGUNAKAN *RELIABILITY* DAN *SERVICEABILITY BASED METHOD*

Aulia Fikriarini Muchlis[1], Ernaning Setiyowati[2]

Jurusan Teknik Arsitektur Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Jl. Gajayana 50 Malang, Jawa Timur
fikriarini@gmail.com[1]
ninkarch99@yahoo.com[2]

Abstrak

Semakin langka dan mahalnya material alam, menyebabkan diperlukannya material baru yang ramah lingkungan. Material yang dimaksud adalah bambu. Jenis bambu ada bermacam-macam yang memiliki berbagai kekuatan struktur yang berbeda. Satu bambu berpenampang tunggal memiliki kemampuan untuk digunakan sebagai sistem struktur utama, sebagai balok dan kolom. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui resiko runtuh struktur bambu pada tumah tinggal dengan pendekatan analisis berbasis keandalan struktur dan mengetahui kemampuan layan struktur bambu rumah tinggal dengan analisis matematis. Analisis yang dilakukan adalah dengan bantuan program komputer SAP yang mampu menghitung analisis keandalan struktur dan analisis kemampuan layan struktur. Model yang digunakan adalah rumah tinggal tipe 70 dengan jenis bambu petung, hitam, dan apus. Hasil penelitian menyebutkan bahwa di antara ketiga bambu tersebut bambu hitam merupakan bambu dengan kuat tarik paling besar, sedangkan kuat tekan paling tinggi dimiliki oleh bambu apus (tali). Peluang runtuh struktur masih sangat kecil, sehingga struktur bambu tunggal masih tahan terhadap probabilitas gagal yang tidak dapat dipastikan secara mutlak. Kemampuan layan ketiga bambu baik petung, apus, dan hitam memiliki kesamaan dengan waktu rata-rata kerusakan dan kegagalan pada kurun waktu 8,4 tahun.

Kata kunci: Bambu, keandalan struktur, kemampuan layan struktur

PENDAHULUAN

Bangunan merupakan pengguna energi terbesar di bumi ini. Sekitar 40% energi bumi berkurang karena bangunan, yang digunakan mulai proses perancangan, pembangunan, hingga penggunaan dan pemeliharaan (Loren dkk, 1996). Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan pernah dikategorikan sebagai green material, karena kayu merupakan material lokal. Kelemahan: membutuhkan waktu lebih dari 10 tahun untuk bisa tumbuh kembali dengan sempurna, dan satu bangunan pasti membutuhkan lebih dari satu pohon. Hal ini akan memberi dampak yang sangat buruk pada lingkungan. Bukan hanya lingkungan di sekitar hutan tersebut, namun terhadap bumi secara keseluruhan. Akibat yang sering dirasakan sekarang ini adalah banjir, tanah longsor, dan peningkatan suhu bumi.

Di dunia ini tersebar sekitar 1600 spesies bambu yang tersebar di daerah tropis dan sub tropis. Distribusi bambu adalah sebagai berikut: 67% di Asia, 3% di Afrika, dan 30% di America (Lopez, 2003). Dari sini dapat dilihat bahwa bambu mudah didapatkan di mana saja. Oleh sebab itu maka bambu bisa dikatakan sebagai material lokal. Kemampuan bambu sebagai elemen struktur sudah banyak terbukti. Banyak bangunan yang

menggunakan bambu sebagai strukturnya, baik itu bangunan sederhana maupun bentang lebar. Masyarakat pun mungkin sudah mengetahui tentang kemampuan bambu sebagai struktur ini. Namun, belum banyak yang mengetahui tentang pemilihan bambu yang tepat sebagai struktur. Bambu tidak bisa sembarang asal digunakan sebagai struktur, selubung bangunan, maupun elemen estetika, karena jenis bambu yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda

Jenis bambu ada bermacam-macam. Setiap jenis itu mempunyai karakteristik dan ukuran berbeda. Satu karakteristik yang mencolok adalah ukuran jarak ruas bambu. Ukuran jarak ruas ini bervariasi, mulai 12-24 cm, 40 cm, 30 cm, dan sebagainya. Pada bambu yang berukuran sangat besar, jarak antar ruasnya bahkan mencapai 1 meter (Lopez, 2003). Ukuran tersebut ada kemungkinan mempengaruhi kekuatan bambu, dan kemungkinan penggunaannya pada bangunan akan berbeda. Hal ini yang akan dikupas pada penelitian ini. Dengan penelitian ini diharapkan hasil yang valid tentang kemampuan layan yang dilakukan menurut analisis keandalan *(reliability analysis)* yang dilakukan dengan faktor dinamik waktu yang sederhana.

A. Rumusan Masalah

Kemampuan bambu sebagai struktur bangunan, perlu diteliti lebih lanjut supaya tidak terjadi kesalahan dalam pemilihan jenis bambu.

1. Bagaimana kekuatan struktur bambu terhadap peluang runtuh pada jenis bambu yang berbeda yang memiliki ukuran jarak antar ruas yang berbeda dengan pendekatan analisis berbasis keandalan struktur?
2. Bagaimanakah kemampuan layan struktur Bambu dengan pendekatan analisis analisis matematis?

B. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui resiko runtuh struktur bambu pada tumah tinggal dengan pendekatan analisis berbasis keandalan struktur.
2. Mengetahui kemampuan layan struktur bambu rumah tinggal dengan analisis matematis.

C. Batasan Masalah

1. Penelitian ini mengambil lokasi di Kota Malang, sehingga bambu yang dijadikan sebagai sampel penelitian adalah juga merupakan jenis bambu yang terdapat di Kota Malang. Selain itu perhitungan struktur untuk kondisi tanah juga disesuaikan dengan kondisi tanah Kota Malang.
2. Sistem struktur yang dimodelkan adalah sistem portal dengan kolom dan balok menyatu.
3. Model bangunan yang didesain adalah rumah tinggal tipe 70 dengan tingkat pembebanan dan karakteristik bangunan rumah tinggal pada umumnya.
4. Bahan bambu yang dipakai adalah bambu **petung, apus, dan hitam**.
5. Struktur bambu yang dipakai adalah bambu berpenampang tunggal, bukan laminasi atau semacamnya.

6. Formulasi yang ada adalah tipe deterministik bukan dinamik sehingga tidak bersinggungan dengan faktor ketergantungan atas waktu (*Time Dependent*), kalaupun ada pertimbangan variabel dinamik namun dilakukan dengan secara sederhana.
7. Kekuatan dan kapasitas batang memasukkan gaya normal tekan dan tarik

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian mengenai beban pada struktur dalam pengertian global dapat dibagi menjadi tiga tipe dasar, (Gary C. Hart, 1982), sebagai berikut:

Pembebanan I :

Beban ini digambarkan menggunakan analisis statistik data yang dihasilkan dari pengukuran intensitas beban dan dihasilkan tanpa memperhatikan waktu frekuensi kejadian. Contohnya adalah berat material yang digunakan pada konstruksi (beban mati) atau berat isi dari gedung (beban hidup).

Pembebanan II :

Beban digambarkan menggunakan analisis statistik data yang dihasilkan dari pengukuran diperoleh dengan memperhatikan interval waktu periodik. Contohnya adalah angin, salju, dan badai yang menyebabkan beban ombak.

Pembebanan III :

Gambaran beban tipe ini melibatkan analisis statistik data dihasilkan dari pengukuran yang jarang dimana tidak menghasilkan interval waktu. Pembebanan pada struktur disebabkan oleh gempa, angin topan, dan angin ribut.

Beban Mati

Beban Mati adalah beban vertikal yang menujukkan berat dari semua struktur tetap dan komponen nonstruktur, seperti dinding, lantai, atap, balok, kolom, dan perbaikan peralatan layanan. Beban mati juga berarti sebagai beban gravitasi

Beban hidup

Secara umum didefinisikan sebagai beban yang dihasilkan karena pemakaian dari bangunan tersebut. Beban hidup pada umumnya juga didefinisikan sebagai beban yang dihasilkan oleh karena peralatan lain yang dapat diangkut/dipindahkan. Secara umum teori keandalan dapat dikelompokan menjadi empat keompok utama, yaitu :
Keandalan komponen dan sistem (*Component and system reliability*)

Keandalan struktur (*Structural reliability*)

Keandalan manusia (*Human reliability*) dan Keandalan perangkat lunak (*Software reliability*)

Adapun beberapa terminologi dan definisi yang akan ditampilkan pada seksi ini adalah, **keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*)**, dan **kemampurawatan (*maintainability*).** Dalam ilmu keteknikan masalah bahan atau material bangunan, material penyusun struktur bangunan terdiri atas besi/baja (*steel*), beton bertulang (*reinforced concrete*), dan kayu (*wood/timber*). Yang tergolong material kayu (*wood/timber*) di dalamnya adalah material bambu (*bamboo*).

Bambu tergolong keluarga *Graminiae* (rumput-rumputan) disebut juga *Hiant Grass* (Rumput Raksasa), rumpun dan terdiri dari sejumlah batang (Buluh) yang tumbuh secara bertahap, dari mulai rebung , batang muda dan sudah dewasa pada umur 4-5 tahun. Batang bambu berbentuk silindris, berbuku-buku, beruas-ruas berongga kadang-kadang masif, berdinding keras, pada setiap buku terdapat mata tunas atau cabang. Akar bambu terdiri atas *rimpang (Rizhon)* berbuku dan beruas, pada buku akan ditumbuhi oleh serabut dan tunas yang dapat tumbuh menjadi batang.

PERHITUNGAN STRUKTUR BAMBU

Perhitungan kapasitas batang terhadap gaya tekan dan tarik dengan luasan teras bambu yang berongga, maka dapat dicari:

$$\mathbf{R = \sigma.An}$$

$$\mathbf{An = Ab - At}$$

$$\mathbf{Ab = \pi d_1^2 \text{ dan } At = \pi(d_1 - 2t)^2}$$

Perhitungan kapasitas batang terhadap momen adalah kekuatan batang dalam menerima momen berupa lentur atau lendut, dipakai rumus :

$$\mathbf{F = 8M/L}$$

dan masih banyak rumus lainnya.

Keandalan

Keandalan Didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Terminologi item yang dipakai didalam definisi keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen, subsistem, atau sistem yang dapat dianggap sebagai satu kesatuan. Definisi di atas dapat disarikan menjadi empat komponen pokok yaitu:

- Probabilitas
- kinerja (*performance*) yang memadai
- waktu
- kondisi pengoperasian

Ketersediaan (Availability)

Didefinisikan sebagai probabilitas untuk dapat menemukan suatu sistem (dengan berbagai kombinasi aspek-aspek keandalannya, kemampu-rawatan dan dukungan perawatan) untuk melakukan fungsi yang diperlukan pada suatu periode waktu tertentu

Kemampurawatan (Maintainability)

Didefinisikan sebagai kemampuan suatu item dalam kondisi pemakian tertentu, untuk dirawat, atau dikembalikan ke keadaan semula dimana item itu dapat menjalankan fungsi yang diperlukan, jika perawatan dilakukan dalam kondisi tertentu dan dengan menggunakan prosedur dan sumber daya yang sudah ditentukan. Kemampuarawatan adalah faktor yang penting dalam menentukan ketersediaan dari suatu item. RAM sering kali dipakai sebagai suatu singkatan yang mewakili *reliabiliy, availability*, dan *maintainability.*

Kemampuan Layan (Serviceability)

Kemampuan Layan *(serviceability)* secara umum mengacu pada perilaku struktur pada saat beban bekerja, yang ditujukan sebagian dengan adanya retak dan lendutan. Baik retak maupun lendutan pada dasarnya tergantung dari material dan perilaku struktur sendiri, dan akan lebih sulit diperkirakan karena perilaku non linier, inelastis, dan sifat alami struktur bambu yang berubah dengan bertambahnya umum. Jika dalam perencanaan tidak memperhitungkan ini, maka struktur tersebut akan mengalami masalah kemampuan layan. Untuk itu perlu dilakukan control retak dan lendutan dalam perencanaan pada keadaan batas kemampuan layan.

Aplikasi Keandalan

Tujuan utama dari studi keandalan adalah untuk memberikan informasi sebagai basis untuk mengambil keputusan

a.Analisa resiko/keselamatan *(Safety/Risk Analysis)*

Analisa keandalan adalah merupakan bagian yang sudah sangat mantap dari hampir sebagian besar untuk studi-studi resiko dan keselamatan.

b.Proteksi Lingkungan (Environmental Protection)

Studi keandalan bisa juga dipakai untuk memperbaiki desain dan keteraturan poperasional dari sistem antipolusi seperti sistem pembersih gas/air.

c.Kualitas (Quality)

Manajemen dan jaminan kualitas mendapatkan perhatian yang lebih meningkat dari tahun-tahun sebelumnya. Hal ini terjadi karena adanya dorongan untuk mengaplikasikan rangkaian standar international ISO 9000. Konsep tentang kualitas (*quality*) dan keandalan (*reliability*) terkait sangat erat. Keandalan dalam beberapa hal dianggap sebagai karakteristik dari kualitas. Oleh karena itu sistem-sistem yang saling

mendukung dan mempengaruhi kualitas dipadukan dan digabung menjadi satu kesatuan sistem.

d.Optimasi operasi dan perawatan (*Optimization of maintenance and operation*)

Perawatan dilakukan untuk mencegah kegagalan system maupun untuk mengembalikan fungsi sistem jika kegagalan telah terjadi. Jadi tujuan utama dari perawatan adalah untuk menjaga dan memperbaiki keandalan dari sistem dan kelancaran produksi/operasi.

e.Desain rekayasa (Engineering design)

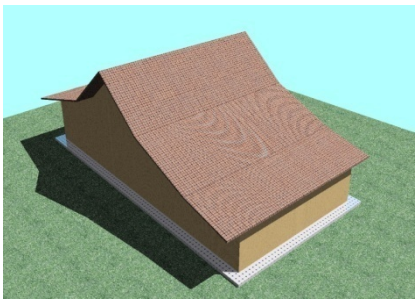
Keandalan merupakan salah satu karakteristik kualitas dari suatu produk teknik. Oleh karena itu jaminan keandalan merupakan salah satu topik yang paling penting selama proses pendesaian suatu produk.

HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Model dan Konfigurasi Struktur Rangka Bambu

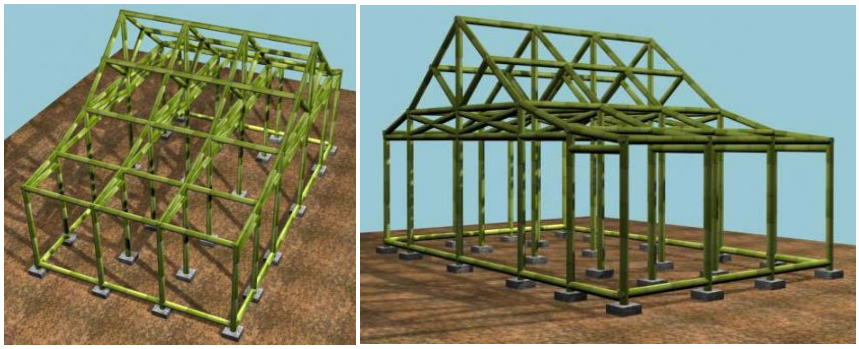
Bangunan tradisional Mandalungan Madura yang berdiam di wilayah selatan Malang. Rumah tersebut sebagian besar bahan strukturnya dari bahan bambu.

Gambar 1. Bangunan Tradisional Madura



Gambar 2. Model Bangunan Tradisional Madura

Dimensi rumah dengan panjang 10 m dan lebar 6 m, dengan pola memanjang pada jarak 10 m terdiri dari 6 kolom bambu yang membagi 5 zona dinding, dan pada lebar 6 m terdiri dari 4 kolom bambu membagi 3 zona dinding. Tinggi rata-rata bambu adalah 2,75 m. Sehingga secara rata-rata didapatkan jarak antar kolom sekitar 2 - 2,5 m. Jenis sambungan yang dibuat dan dipakai adalah sendi dengan sistem *grouting* baut.



Gambar 3. Model Struktur Bangunan Bambu

Data properti dan karakteristik bambu yang akan dipakai dalam analisis penelitian berikut. Bambu yang dipakai terdiri dari tiga jenis bambu yakni bambu betung, bambu hitam, dan bambu apus. Adapun data sifat dan karakteristik bambu yang akan dipakai menurut data yang telah ada (Berlian dan Rahayu,1995:78) ditunjukkan pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Daftar Karakteristik Bambu (Betung, Hitam, dan Apus)

Nama Botanis	**Nama Perdagangan**	**Ab** cm2	**An** cm2	**σds** Kg/cm2	**σtr** Kg/cm2
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	78.5	62.8	416.570	342.470
Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	78.5	62.8	489.000	447.000
Gigantochloa apus	Apus/tali	78.5	62.8	504.000	327.000

Dari tabel di atas didapatkan keterangan notasi sebagai berikut:

Ab = Luas penampang kotor *(brutto)* bambu

An = Luas penampang bersih *(netto)* bambu

$$\mathbf{An = (\pi(d_1\text{-}2t_2))^2}$$

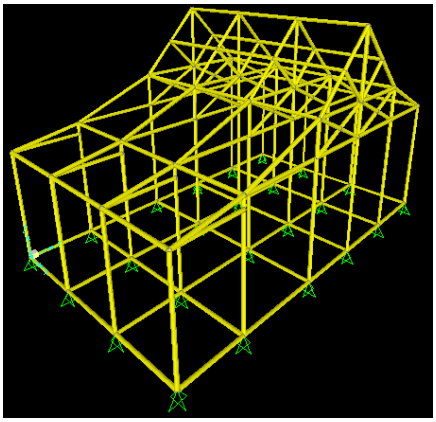
dengan d_1 = diameter bambu total dan t_2 tebal bambu

σds = kuat tekan bambu dan σtr = kuat tarik bambu

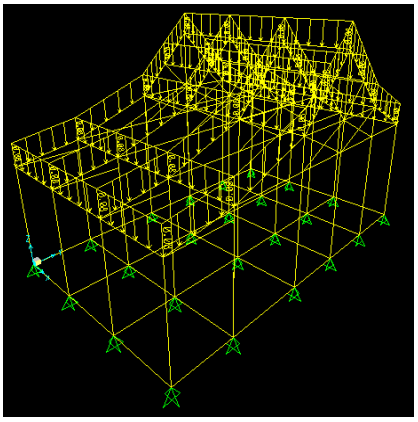
Diameter bambu yang digunakan adalah 8 cm dengan ketebalan rata-rata 1,5 cm. Bentuk rongga bambu yang demikian membuat bambu menjadi struktur yang kurang kaku dan rawan terhadap perubahan bentuk (deformasi).

PERHITUNGAN PROGRAM SAP

Pada perhitungan dengan bantuan SAP 2000 Nonlinear 10 ini, dilakukan dengan memasukkan parameter sifat fisis dan mekanis bambu, yakni bambu betung, bambu hitam, dan bambu apus. **SAP 2000 adalah program analisis struktur dengan basis perhitungan matematis** elemen hingga *(finite element).* Berikut hasil analisis rangka bambu dengan menggunakan program SAP 2000 Nonlinear 10 yang didukung oleh gambar-gambar hasil buatan di program SAP 2000 versi 10



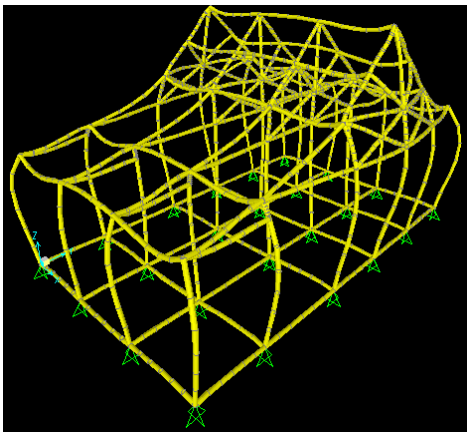
Gambar 4. Model Struktur Rangka Bambu Bambu



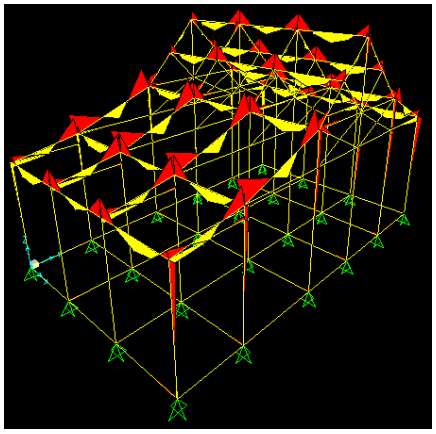
Gambar 5. Pembebanan pada Struktur Rangka

Pembebanan pada struktur dipakai U = 1,2 DL + 1,3 WL + 0,5 LL. Beban yang mengenai tiap batang dengan beban mati (DL) = 170 kg, beban hidup

(LL) = 118 Kg, dan beban angin (WL) = 47 Kg. Setelah objek dibuat dan pembebanan diberikan, langkah selanjutnya adalah melakukan *running* analisis dan didapatkan deformasi maksimum

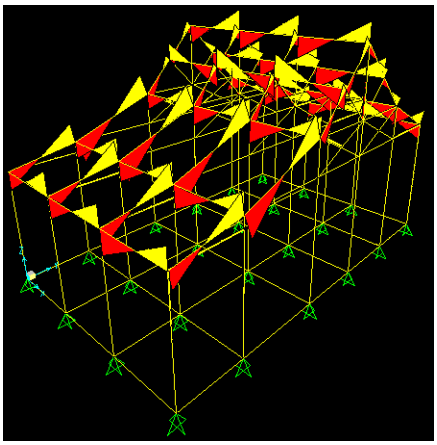


Gambar 6. Deformasi Sistem Struktur Rangka Bambu bambu

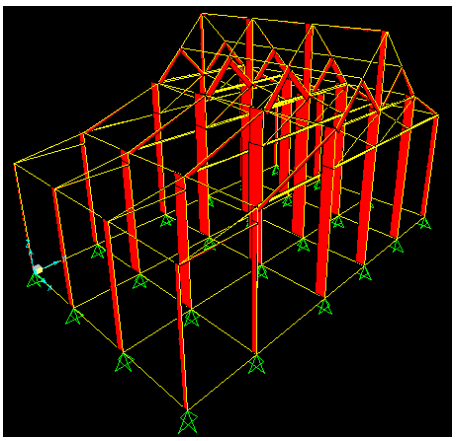


Gambar 7. Diagram Momen Lentur pada batang

Gambar di atas menunjukkan diagram momen lentur yang terjadi pada setiap batang bambu penyusun rangka, dan terlihat jelas bahwa **momen terbesar terjadi pada balok datar maupun miring pada atap, sedangkan pada kolom relatif kecil**. Momen maksimum yang terjadi pada batang struktur tersebut sebesar 0,025 ton.m.



Gambar 8. Diagram Gaya Geser

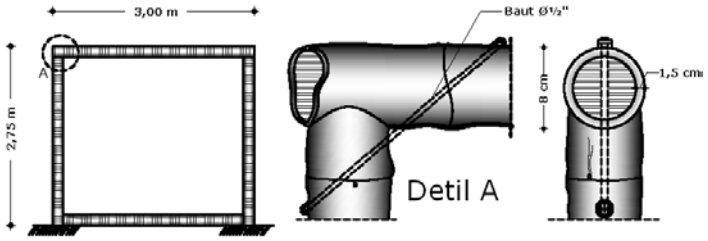


Gambar 9. Diagram Gaya Normal Aksial

Gaya geser maksimal juga terjadi pada **balok bambu** yaitu sebesar **2,84 x 10^{-4} ton**, sedangkan **gaya aksial** maksimal sebesar **0,3684 Ton**.

ANALISIS KEANDALAN (RELIABILITY) STRUKTUR RANGKA BAMBU

1. Perhitungan Keandalan Sambungan Rangka Bambu



Sambungan pada bambu sangat berpengaruh dan menentukan tingkat keandalan sistem struktur bambu

a. Perhitungan Kapasitas Sambungan dan Beban Mati

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kapasitas Sambungan Bambu

Kapasitas Sambungan		
ΩP	P	σP
0.10	3239.739	323.974

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kapasitas Sambungan Bambu

Beban mati		
μD	ΩD	σD
475.00	0.1	47.5

b. Perhitungan Beban Hidup dan Beban Angin

Tabel 4. Hasil Perhitungan Normalisasi Beban Hidup (LL)

Beban Hidup								
μL	ΩL	σR	α	u	FL	fl	σL (N)	μL (N)
128.60	0.41	52.726	0.0243	104.859	0.5703	0.01284	19.7684	109.8085

Tabel 5. Hasil Perhitungan Normalisasi Beban Angin (WL)

Beban angin								
μW	ΩL	σR	α	u	FL	fl	σW (N)	μW (N)
127.40	0.3	38.22	0.0335	110.1907	0.5704	0.01772	14.3344	113.774

c. Perhitungan Keandalan Sambungan Bambu

Tabel 6. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan Sambungan

β	P_f	SF
3.65451	6.88788E-05	1.620031503

Perhitungan Keandalan Batang Bambu Terhadap Tarik dan Tekan

a. Perhitungan Kapasitas Batang Tarik dan Tekan

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kapasitas Batang Tekan

Nama Botanis	Nama Perdagangan	Ab	An	σds	ω	P
Dendrocalamus asper	Petung/betung	78.5	62.8	416.570	3	1744.040
Gigantochloa ate	Hitam/wulung	78.5	62.8	489.000	3	2047.280
Gigantochloa apus	Apus/tali	78.5	62.8	504.000	3	2110.080

Tabel 8. Hasil Perhitungan Normalisasi dan Keandalan Batang Tekan

Nama Botanis	Nama Perdagangan	Ptk	λR	μR(N)	σR(N)	β	Pf	SF
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	1744.040	7.461	1737.287	153.476	4.481	1.973 E-06	2.242
Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	2047.280	7.621	2039.353	180.161	5.457	2.959 E-08	2.632
Gigantochloa apus	Apus/tali	2110.080	7.651	2101.910	185.687	7.235	1.419 E-11	2.713

Tabel 9. Hasil Perhitungan Kapasitas Batang Tarik

Nama Botanis	Nama Perdagangan	Ab	σtr	An	P
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	78.5	342.470	62.8	1720.569
Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	78.5	447.000	62.8	2245.728
Gigantochloa apus	Apus/tali	78.5	327.000	62.8	1642.848

Tabel 10. Hasil Perhitungan Normalisasi dan Keandalan Batang Tarik

Nama Botanis	Nama Perdagangan	Ptr	λR	μR(N)	σR(N)	β	Pf	SF
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	1720.569	7.4473	1713.907	151.410	4.393	2.8716 E-06	2.211

Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	2245.728	7.7137	2237.033	197.624	5.971	3.246E-09	2.887
Gigantochloa apus	Apus/ tali	1642.848	7.4011	1636.487	144.571	4.090	1.058E-05	2.112

b.Perhitungan Beban-beban

Tabel 11. Hasil Perhitungan Beban Mati pada Batang

Nama Botanis	Nama Perdagangan	Ab	σtr	An	μD	ΩD	σD
Dendrocalamus asper	Petung/betung	78.5	342.47	62.8	170.000	0.1000	17
Gigantochloa ate	Hitam/wulung	78.5	447.00	62.8	170.000	0.1000	17
Gigantochloa apus	Apus/tali	78.5	327.00	62.8	170.000	0.1000	17

Tabel 12. Normalisasi Beban Hidup pada Batang

Nama Botanis	Nama Perdagangan	μL	ΩL	σR	α	u	FL	fl	σL (N)	μL (N)
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	118	0.41	48.38	0.026	96.216	0.57	0.014	22.172	102.193
Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	118	0.41	48.38	0.026	96.216	0.57	0.014	22.172	102.193
Gigantochloa apus	Apus/ tali	118	0.41	48.38	0.026	96.216	0.57	0.014	22.172	102.193

Tabel 13. Normalisasi Beban Angin pada Batang

Nama Botanis	Nama Perdagangan	μW	ΩL	σR	α	u	FL	fl	σW (N)	μW (N)
Dendrocalamus asper	Petung/ betung	47	0.3	14.1	0.091	40.651	0.57	0.046	6.757	42.183
Gigantochloa ate	Hitam/ wulung	47	0.3	14.1	0.091	40.651	0.57	0.046	6.757	42.183
Gigantochloa apus	Apus/ tali	47	0.3	14.1	0.091	40.651	0.57	0.046	6.757	42.183

Perhitungan Keandalan Sistem

Tabel 14. Hasil Perhitungan Keandalan Sistem Struktur Batang Bambu

Nama Perdagangan	β Samb.	β Tarik	β Tekan	Pf Samb.	Pf tarik	Pf tekan	Pf batang	Pss sistem	β Sistem	Pf
Petung/ betung	3.655	4.393	4.481	6.888E-05	2.872E-06	1.973E-06	0.999	0.999	3.494	0.000138
Hitam/ wulung	3.655	5.971	5.4571	6.888E-05	3.246E-09	2.959E-08	1.000	0.999	3.494	0.000138
Apus/ tali	3.655	4.090	7.235	6.888E-05	1.058E-05	1.419E-11	1.000	0.999	3.494	0.000138

ANALISIS KEMAMPUAN LAYAN *(SERVICEABILITY)* STRUKTUR RANGKA BAMBU

Kemampuan layan *(serviceability)* adalah kemampuan atau kapasitas sebuah batang struktur dalam melayani untuk periode waktu tertentu. Kemampuan layan merupakan keandalan batang struktur dalam rentang masa yang tertentu. Analisis perhitungan dilakukan dengan meninjau gaya aksial (normal) yang terjadi di dalam batang rangka atap berupa tekan dan tarik

Tabel 15. Hasil Perhitungan Kemampuan Layan (Serviceability)

Nama Perdagangan	λ1	λ2	λtotal	Keandalan dlm 1th (24 bln)	Selama 10th	Keandalan (Rs)	Keandalan Rata-rata (bln)	Serviceability (Tahun)
Petung/ betung	6.888E-05	0.000138	0.000207	0.00496	0.0496	1.051	201.647	8.402
Hitam/ wulung	6.888E-05	0.000138	0.000207	0.00496	0.0496	1.051	201.647	8.402
Apus/ tali	6.888E-05	0.000138	0.000207	0.00496	0.0496	1.051	201.647	8.402

Dari tabel di atas untuk ketiga jenis bambu dalam **waktu 10 (sepuluh) tahun masih memiliki tingkat keandalan yang masih baik yakni dengan angka 1,051.** Angka ini sudah mendekati angka keandalan paling bawah. Waktu rata-rata struktur sudah **mulai menampakkan kerusakan dan kegagalan struktur yang cukup berarti adalah dalam waktu usia bahan 8,402 tahun**, sehingga untuk masa ini perlu perhatian dalam upaya pemeliharaannya.

PENUTUP

A. Kesimpulan

- Material bambu yang dipakai adalah bambu petung, bambu apus, dan bambu hitam. Di antara ketiga bambu tersebut bambu hitam merupakan bambu dengan kuat tarik paling besar, sedangkan kuat tekan paling tinggi dimiliki oleh bambu apus (tali).

- Kesetimbangan dan stabilitas geometri untuk struktur rangka bambu berpenampang tunggal memenuhi kondisi batas *(limit state)* dengan tingkat pembebanan normal dan sesuai dengan kondisi aslinya. Pembebanan pada struktur rangka bambu dengan beban mati (DL) = 170 Kg, beban hidup (LL) = 118 Kg, dan beban angin (WL) = 47 Kg.

- Tingkat keandalan sambungan bambu mampu menahan beban terutama beban aksial akibat beban mati, beban hidup, dan beban angin. Indeks keandalan (β) = 3,655, peluang runtuh (Pf) = 6.88788E-05, dan faktor keamanan atau *safety factor* (SF) = 1,62.

- Peluang runtuh struktur masih sangat kecil, sehingga struktur bambu tunggal masih tahan terhadap probabilitas gagal yang tidak dapat dipastikan secara mutlak. Untuk ketiga bambu memiliki peluang sukses yang sama yakni 0,999, tingkat keandalan (β) yang sama yaitu sebesar 3,494, dan peluang runtuh (Pf) yang sama pula yaitu sebesar 0,000138. Ini artinya bahwa struktur dalam keadaan aman dan andal.

- Kemampuan layan ketiga bambu baik petung, apus, dan hitam memiliki kesamaan dengan waktu rata-rata kerusakan dan kegagalan pada kurun waktu 8,4 tahun. Sedangkan untuk masa 10 tahun keandalan sistem mencapai 1,051 untuk ketiga jenis bambu. Angka tersebut masih tergolong aman, walaupun sudah mendekati angka keandalan kondisi batas *(limit state).*

- Reaksi dan perilaku yang sama pada ketiga bahan bambu tersebut diakibatkan oleh hampir mendekati kesamaan dalam hal properti sifat fisis dan mekanis ketiga bambu.

B. Saran

Beberapa saran dan rekomendasi penelitian yang mengacu dari analisis dan pembahasan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Kelanjutan penelitian ini, sebaiknya perlu adanya analisis secara menyeluruh pada sistem rangka bambu, dan tidak hanya satu buah portal saja yang dikenai beban terbesar.
2. Perlu ditambahkan analisis ketergantungan terhadap waktu yang valid dan rinci dengan mempertimbangkan faktor kerusakan eksternal komponen struktur.
3. Perlu didukung uji atau tes laboratorium kapasitas dan kekuatan batang dan sambungan bambu dengan ketergantungan waktu *(dynamic)* yang lebih kompleks.
4. Perlu dianalisis tingkat kerusakan dengan estimasi biaya pemeliharaan berdasarkan tingkat kerusakan pada struktur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, Candra. 2002. *Tesis : Analisis Keandalan Jembatan Rangka Baja dengan Tiga Asumsi pada Sambungan rangka dengan Menggunakan Acuan Data Peraturan Perencanaan Baja*. Malang : Program Pascasarjana Teknik Sipil kekhususan Rekayasa Struktur, Universitas Brawijaya.

Duckett, Will, dan Gifford. 2004. *Risk Analysis and The Acceptable Probability of Failure*.

Eldo, Danny. Hadi, Bambang Kismono. Kusni, Muhammad. 2010. *Analisis Kekuatan Lentur Struktur Sandwich Komposit Serat Bambu dengan Core Polyurethane Melalui Uji Three*

Point Bending dan Metode Elemen Hingga. Program Studi Aeronotika & Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara . Institut Teknologi Bandung.

Frick, Heinz. 1998. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu.* Yogyakarta : Kanisius.

Jansenn, Jules. 2000. *Designing and Building With Bamboo.* Technical University of Eindhoven Nedherlands

Larasati, Endang Larasati. 2003. *Evaluasi Keandalan Faktor Beban Pada Gedung Perkantoran di Kota Malang. Malang : Pascasarjana teknik Sipil Unibraw*

Masdar, Astuti, Morisco , T.A Prayitno. 2005. *Pengaruh Posisi Sambungan Terhadap Keruntuhan Lentur Balok Bambu Laminasi Horisontal*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Tenik Universitas Gadjah Mada

Nursandah, Arifien. 2007. *Penggunaan Kawat Baja Sebagai Pengganti batang Tarik Pada Konstruksi Kuda-Kuda Kayu.* Jurnal Teknik Sipil ITATS Surabaya.

Pathurahman, Jauhar Fajrin dan Dwi Anggraini Kusuma. 2008. *Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton Bertulang.* Yogyakarta : Pascasarjana UGM.

Purwito, 2008. *Standarisasi Bambu Sebagai Bahan Bangunan Alternatif Pengganti Kayu. Puslitbang BSN*. Puslitbang Kementerian Pekerjaan Umum.

Scott, John S. 1993. *Kamus Lengkap Teknik Sipil, alih bahasa Trigunarti*. Jakarta : Erlangga.

Sedayu, Agung. 2010. *Analisis Resiko Keruntuhan Sistem Struktur Balok Kayu dengan Reliability Based Method*. Prosiding Seminar Green Technology. UIN Maliki Malang

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002*. Jakarta : Erlangga.

Stewart, Mark G., Rosowsky, David V., Val, Dimitri V. *Reliability-Based Structural Safety assessment Using Risk-Ranking Decision Analysis*. ASCE Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability.

Wibowo, Nurwaji. 2006. *Optimasi Rangka Batang*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang