

PERBANDINGAN RESPON SEISMIK BALOK KAYU BIASA DENGAN KOMPOSIT BAJA RINGAN SEBAGAI KOMPONEN STRUKTUR RUMAH TAHAN GEMPA

Pinondang Simanjuntak¹

Program Studi Teknik Sipil FT UKI Jakarta

Email: Pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk:16-04-2021, revisi: 16-04-2021, diterima untuk diterbitkan: 30-04-2021

ABSTRAK

Indonesia adalah termasuk daerah yang beresiko terhadap Gempa. Menurut peta kegempaan Dunia Indonesia terletak pada garis wilayah yang selalu di goyang oleh Gempa. Garis wilayah itu disebut oleh para ahli Geologi sebagai "The Pacific Ring of Fire". Karena itu Masyarakat Indonesia membutuhkan rumah yang memiliki respon dinamik yang baik terhadap Gempa. Untuk memahami respon dinamik struktur rumah tahan gempa yang lebih spesifik dan akurat maka dilakukan penelitian jenis material yang tepat untuk dipakai sebagai komponen struktur bangunan rumah tahan gempa. Dengan bantuan program Ansys pada penelitian ini dilakukan pengkajian respon dinamik pada balok kayu bias akelas II dan balok komposit kayu baja ringan untuk mengetahui jenis material balok yang paling tepat untuk digunakan struktur bangunan yang tahan gempa. Sifat dinamik yang diteliti adalah menyangkut keandalan balok terhadap getaran dan deformasi berulang serta kekakuan dan kekuatan struktur balok terhadap beban dinamik. Dari pengujian respon dinamik material yang dipilih yaitu struktur balok Kayu dan Kayu komposit baja ringan ditemukan jenis material yang tepat untuk direkomendasikan sebagai komponen balok struktur rumah tinggal tahan gempa. Hasil penelitian ini sebagai langkah awal untuk menemukan struktur rumah tinggal tahan gempa

Kata kunci : Respon dinamik; deformasi; tegangan; struktur balok kayu; kekakuan.

ABSTRACT

Indonesia is one of the areas that are at risk of earthquakes. According to the world earthquake map, Indonesia is located on an area line that is always shaken by earthquakes. The area line is referred to by geologists as "The Pacific Ring of Fire". Therefore, the Indonesian people need a house that has a good dynamic response to the earthquake. In order to understand the dynamic response of earthquake-resistant house structures that are more specific and accurate, a study of the appropriate types of materials to be used as a component of earthquake-resistant housing structures is carried out. Light steel wood to determine the most appropriate type of beam material for earthquake resistant building structures. The dynamic properties studied are related to the reliability of the beam against vibration and repeated deformation as well as the stiffness and strength of the beam structure against dynamic loads. From testing the dynamic response of the selected material, namely the structure of wood beams and lightweight steel composite wood, it was found the right type of material to be recommended as a component of earthquake-resistant residential structural beams. The results of this study serve as a first step to find earthquake resistant housing structures

Keywords: *Dynamic respons; deformation; stress; wooden beam structur; rigidity.*

1. PENDAHULUAN.

Wilayah Indonesia adalah daerah yang memiliki tingkat risiko gempa cukup tinggi, karena letak geologinya berada berada pada pertemuan lempeng tektonik aktif Eurasia, Indo-Australia, Filipina dan Pasifik. Lempeng Tektonik aktif adalah bagian pelat kulit bumi batuan besar yang terus bergerak akibat panas inti bumi dengan pergeseran mencapai hingga 10 cm/tahun. Pada saat pergerakan lempeng berhenti akan menimbulkan akumulasi enegi yang

pada akhirnya menjadikan lempeng mengalami patah dan terjadilah gaya seismik di permukaan bumi sehingga bangunan di atasnya mengalami kerusakan dan roboh menimpa penghuni di dalamnya.

Berdasarkan hasil survey kerusakan bangunan akibat kejadian Gempa di berbagai wilayah di Indonesia antara lain Gempa Tarutung 1987, Gempa Jateng-Yogja 27 Mei 2006, Gempa Padang 30 September 2009, Gempa Mentawai 12 Sept 2007, Gempa Lombok 29 Jui 2018 dan Gempa Palu Sulteng 28 September 2018. diketahui bahwa kerusakan bangunan yang sering terjadi adalah pada bangunan rumah tinggal struktur beton. Sedangkan bangunan rumah kayu seperti rumah tradisional tidak mengalami kerusakan yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa Respon Seismik Rumah Tradisional adalah lebih baik dari bangunan rumah dengan struktur beton. Untuk mengetahui perilaku elemen struktur bangunan rumah tinggal kayu yang lebih lengkap maka perlu di lakukan penelitian sifat dinamik dan keandalan elemen struktur balok dan kolom. Sample pada penelitian ini digunakan dari jenis material struktur kayu yang mewakili jenis material struktur rumah adat tradisional pada umumnya. Untuk mengetahui perbandingan sifat dinamik dan keandalan elemen struktur yang diuji maka di dipilih dua alternatif jenis material uji yang secara teoritis dianggap memiliki sifat dinamik yang cukup baik. Kemudian dipilih dua jenis bahan uji *Kayu Kelas II dan Komposit kayu dengan baja ringan*. Sifat dinamik dan keandalan respon seismic elemen struktur diuji dengan bantuan program Finite Elemen Ansys. Indikator yang dipilih adalah deformasi maksimum dan mode shape akibat beban dinamik sinusoidal. Analisa dilakukan dengan membandingkan deformasi maksimum dan mode shape yang terjadi pada dua sampel uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis elemen struktur yang memiliki keandalan dan respon seismic yang baik adalah kayu komposit baja ringan.

Rekomendasi hasil survey menunjukkan bahwa material struktur kayu untuk rumah tinggal adalah lebih baik terhadap gaya dinamik gempa dibandingkan struktur beton. Kemudian mengingat banyaknya kayu yang terbuang dari berbagai kegiatan proyek pembangunan dan Indonesia memiliki hutan kayu yang besar maka untuk memperoleh kayu yang memiliki peningkatan kekuatan dan keandalan komponen struktur bangunan rumah tinggal dapat diuji dengan memanfaatkan kayu bekas menjadi bahan komposit dengan baja ringan. Berapa besar perbedaan sifat dinamik bahan komponen struktur balok kayu biasa komposit baja ringan dan dibandingkan dengan balok biasa kelas II dapat dilakukan dengan pengujian static dan dinamik memakai program finite elemen Ansys.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pola respon seismik dan keandalan komponen struktur balok kayu komposit baja ringan dibandingkan dengan balok kayu biasa kelas II dengan indikator deformasi maksimum dari beberapa mode shape dan kekuatan maksimum balok.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen Simulasi komputer dengan bantuan program ANSYS. Dipilih dua jenis sample yaitu balok kayu biasa komposit baja ringan dan balok kayu biasa kelas II. Karakteristik balok uji adalah Kayu kamper kayu kelas II menurut PKKI dengan ukuran balok adalah $b=7.5$ cm dan $h=13.5$ cm dengan panjang $L=3$ m. Program ANSYS memiliki tahapan utama yaitu (Kusbiantoro, 2016): 1. Pre-Processing atau langkah awal permodelan elemen hingga. Pada Tahap ini beberapa fungsi harus untuk menghasilkan perhitungan yang spesifik pada benda yang akan dianalisa. Fungsi-fungsi tersebut adalah: permodelan, penentuan tipe elemen, penentuan material, meshing. 2. Solution Pada tahapan ini FEM telah mendekati proses perhitungan dan analisa. Beberapa langkah lebih dulu yang harus dilalui pada proses perhitungan tahap ini yaitu : pembebanan dan analisa. 3. General Post-Processing adalah proses setelah permodelan dan analisis selesai. Proses ini digunakan untuk

melihat hasil analisis, hasil yang dilihat adalah displacement, momen, gaya geser, dan gaya normal yang terjadi. Spesifikasi mutu bahan dan kekuatan ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 1. Sifat Mekanik Bahan

No	Sifat mekanik bahan kayu	Satuan	Nilai	Sifat bahan Baja ringan	Satuan	Nilai
1	Massa Jenis Kayu γ	kg/m ³	90	Modulus elastisitas (E)	MPa	200.000
2	Berat Jenis Kayu γ	kg/m ³	900	Modulus geser (G)	MPa	80.000
3	Modulus Elastisitas Kayu E	kg/cm ²	100.000	Poisson's ratio (ν) =		0,287
4	Modulus Geser Kayu G	kg/cm ²	5000	Tegangan leleh (yield stress)	MPa	550
5	Poisson Ratio Kayu μ		0.1176	Kekuatan gaya tarik sebesar.	MPa	550
6	Koefisien Ekspansi Kayu ϵ	cm/°C	9.9 * 105-	Kekuatan gaya tekan (Compressive Yield Strength)	MPa	400
7	Koefisien Umpak dan Tiang \bar{u}		0.4	Tegangan kuat tarik (Ultimate Tensile Strength)	MPa	290
8	Tegangan Lentur ijin σ	kg/cm ²	100	Tegangan kuat tekan (Compressive Ultimate Strength)	Pa	4,95 x 106
9	Tegangan geser ijin τ	kg/cm ²	25			

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

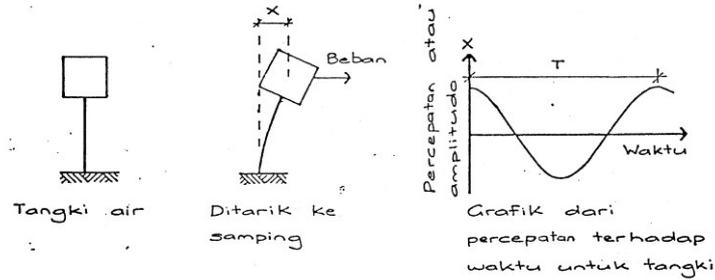
3.1. Konsep Bangunan rumah Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa memiliki dua konsep, yaitu filosofi bangunan tahan gempa dan respon spektrum elastik dan normal. (Boen,2009). Ada tiga prinsip bangunan tahan gempa yaitu pada gempa ringan bangunan tidak boleh mengalami kerusakan pada komponen non-struktur dan structural, pada gempa sedang bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-struktural sedangkan komponen strukturalnya tidak boleh rusak dan pada gempa kuat komponen non struktur dan struktur boleh mengalami kerusakan tetapi bangunan masih dapat berdiri. Oleh karena itu tiga faktor yang penting diperhatikan pada bangunan adalah pertama titik berat masa dan titik berat kekakuan lateral dibuat berdekatan, kedua material adalah ringan dan monolit ketiga kualitas ikatan sambungan harus kuat sehingga seluruh komponen struktur bangunan menyatu dan kompak memberi respon terhadap gempa. Pada bangunan rumah sederhana lebih diutamakan menjaga kompatibilitas struktur.

3.2. Beban Dinamik dan Respon Dinamik

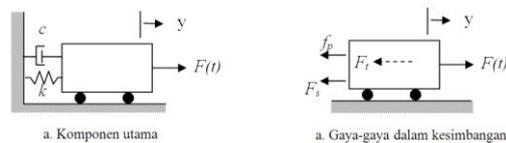
Beban dinamik adalah beban dengan variasi perubahan terhadap waktu (eksitasi). besaran (magnitude) dan arah (direction) atau posisi (point of application). Sedangkan Respon seismik struktur adalah lendutan dan tegangan yang terjadi sesuai dengan perubahan waktu. Gaya dinamis terjadi akibat adanya percepatan massa yang disebut gaya inersia. Dasar analisa beban dinamik adalah hukum Newton kedua ($F=m.a$) yaitu Gaya dinamik pada satu benda adalah

massa dikali percepatannya dimana massa adalah berkaitan dengan berat dan percepatan adalah dihasilkan getaran akibat gempa. Respon seismik diilustrasikan seperti model dinamik berikut.



Gambar 1 Model bandul gerak bebas.

Massa berpusat diujung atas dan dipikul oleh tiang dengan kekakuan K.adalah system berderajat kebebasan tunggal (SDOF) Getaran akan menimbulkan dua gaya horizontal yang berubah ubah sesuai dengan waktu yaitu gaya akibat kekakuan $F=k.x$ dan gaya akibat massa $F_i = m.a$.Indikator respon struktur terhadap beban dinamik adalah ukuran lendutan dan tegangan yang dihasilkan secara berubah sesuai dengan waktu (Clough dan Penzien, 1993). Akibat beban dinamik maka sifat fisik yang menentukan pada sistem struktur adalah massa, kekakuan dan redaman



Gambar 2 Idealisasi Sistem berderajat kebebasan tunggal

Sesuai dengan Prinsip D'Alembert persamaan gerak sistem berderajat kebebasan tunggal diperoleh dari hukum keseimbangan langsung yaitu massa yang menghasilkan gaya inersia sebanding dengan percepatannya. Gaya- gaya tersebut adalah beban dinamik yang diberikan $F(t)$ dan tiga gaya perlawanan oleh gerak massa, yaitu gaya inersia f_i , gaya redaman f_d , dan gaya pegas elastik f_s . Seperti persamaan gerak berikut

$$f_I + f_D + f_s = F(t) \dots 1$$

Pada persamaan 1, bagian kiri adalah merupakan gaya-gaya fungsi dari perpindahan y dan berlawanan arah dengan arah beban $F(t)$. Gaya elastis adalah perkalian antara kekakuan pegas k dan perpindahan y ,

$$f_s = ky \dots 2$$

Gaya inersia adalah perkalian massa m dan percepatan \ddot{y}

$$f_I = m\ddot{y} \dots 3$$

Gaya redaman adalah perkalian antara konstanta redaman c dan kecepatan \dot{y}

$$f_D = c\dot{y} \dots 4$$

Dengan substitusi persamaan 3 dan 4 ke dalam persamaan 1 maka persamaan gerak diperoleh

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = F(t)$$

Apabila pada sistem tidak diberikan gaya atau $F(t)=0$ maka sistem menjadi getaran bebas dengan persamaan

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = 0$$

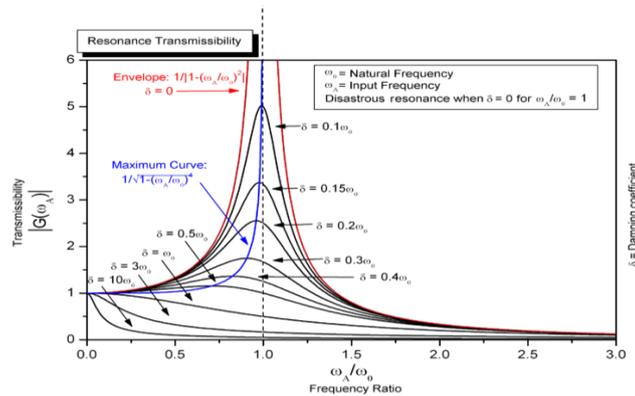
3.3 Waktu Getar Alami dan Resonansi

Waktu getar alami adalah faktor penting pada bangunan yang mengalami getaran, berdasarkan model sederhana diatas dibantu dengan penyelesaian persamaan diferensial, waktu getar alami dapat dihitung dengan persamaan :

$$T = 2\pi \sqrt{m/k} \text{ dan frekuensi } \omega = \sqrt{k/m}$$

Dimana T adalah waktu getar alami dalam detik, m adalah masa dan k adalah kekakuan lateral. Persamaan tersebut menunjukkan semakin besar m akan menghasilkan T yang makin besar dan Semakin kaku suatu sistem maka T akan semakin kecil. Setiap sistem mempunyai waktu getar alami tersendiri dan pada umumnya batas waktu getar alami untuk gedung diperkirakan berkisar antara 0,1 dan 2,0 detik, tergantung dari ketinggian gedung dan jenis bahan bangunannya. Bilamana suatu gedung mempunyai lebih dari satu masa yang besar, maka gedung tersebut akan mempunyai lebih dari satu waktu getar alami.

Resonansi gedung adalah peristiwa.terjadinya amplifikasi getaran pada sistem struktur yang mengalami beban dinamik atau gempa karena waktu getar sistem struktur sama dengan waktu getar getaran yang terjadi. Resonansi akan menimbulkan amplifikasi sangat besar terutama jika nilai redaman struktur rendah sehingga sangat berbahaya pada konstruksi bangunan tersebut.



Gambar 3 Resonansi dan Peningkatan amplitudo

3.4. Komponen Struktur Balok sebagai Penahan Gaya Lateral

Balok adalah salah satu komponen struktur penahan gaya lateral. Pada bangunan rumah tinggal balok digunakan sebagai dudukan lantai atau pengikat kolom yang memiliki peran sebagai rangka penguat horizontal bangunan. Akibat beban gempa balok akan mengalami momen lentur jika ada eksentrisitas gaya aksial pada penampang. Oleh karena itu letak gaya aksial pada balok harus diperhatikan supaya tidak menimbulkan momen lentur yang besar. Sesuai prinsip perencanaan balok dirancang agar pada beban maksimum mengalami keruntuhan lebih dahulu dari kolom disebut Strong Column weak beam

3.5. Keuntungan Struktur Bangunan Kayu

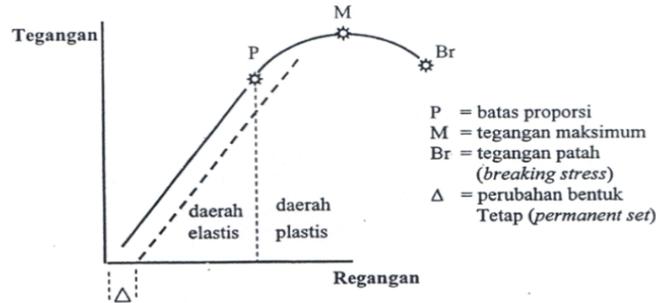
Beban gravitasi dan beban gempa akan bekerja secara bersamaan pada bangunan. Oleh karena itu, untuk struktur bangunan tahan gempa diperlukan kayu dengan kualifikasi kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk menahan beban gempa dan grvitasi sesuai dengan koefisien pembebanan pada peraturan beban indonesia.

Kayu adalah material konstruksi yang kompleks dan memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja atau beton antara lain, mudah ditemukan dan mudah dibentuk sesuai dengan keperluan, Elastis sehingga tidak mudah patah apabila terkena beban getaran akibat gempa, tidak mengalami korosi dan pengerjaannya ekonomis dan efisien.

3.6. Sifat Mekanik Kayu

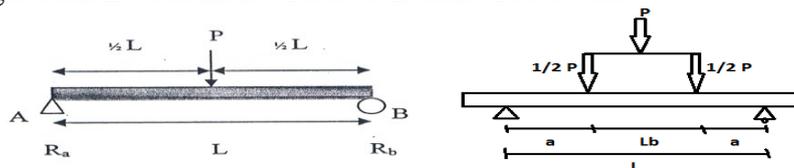
Menurut Dumanauw (1982), sifat mekanik kayu adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya-gaya luar yang mempunyai kecenderungan untuk berubah bentuk. Tegangan yang timbul akibat gaya luar disebut gaya dalam atau *internal stress*. Pada keadaan seimbang Gaya luar

sama dengan gaya dalam. Setiap perubahan tegangan akan diikuti sebanding dengan perubahan regangan sampai pada batas proporsional atau elastis seperti digambarkan garis lurus pada grafik. Setelah tegangan melewati batas elastis grafiknya akan berubah menjadi garis lengkung atau parabolik.



Gambar 4 Diagram Tegangan-Regangan Kayu
Sumber: (Effendi dan Lina, IPB, 2011)

Perubahan bentuk atau regangan material kayu akan terjadi pada saat bebannya melewati batas elastis dan akan diikuti terjadinya kerusakan kayu. Regangan akan terjadi lebih cepat daripada kecepatan pembebanan yang diberikan. Perubahan bentuk, tergantung dari besar dan jenis beban yang bekerja. Gaya tekan akan menimbulkan terjadinya perubahan bentuk perpendekan, gaya tarik mengakibatkan perubahan bentuk perpanjangan. Gaya lentur akan menyebabkan lendutan, dan Gaya geser menyebabkan geser. Balok yang menerima gaya tegak lurus dengan sumbu longitudinal balok akan menimbulkan tegangan lentur. Model uji balok lentur terdiri dari dua model beban seperti pada gambar dibawah. Momen lentur pada balok kayu beban tunggal adalah : $Momen = R_a \times \frac{1}{2} L$ dan $Geser = R_a$



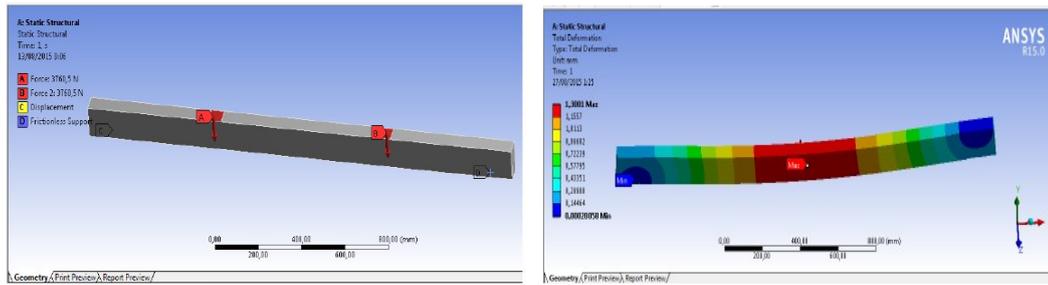
Gambar 5 Model Balok kayu dengan dua model Beban
Sumber: (Effendi dan Lina, IPB, 2011)

Balok kayu beban ganda adalah untuk memperoleh nilai Elastisitas. Setiap benda yang dikenai beban akan mengalami perubahan, besar kecilnya perubahan bentuk akibat beban ini dipengaruhi sifat kekakuan yang disebut modulus elastisitas (MOE). Modulus elastisitas berkaitan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya deformasi dipengaruhi oleh besarnya pembebanan, panjang, ukuran balok, dan MOE. Semakin tinggi MOE akan semakin kecil defleksi balok dan semakin tahan terhadap perubahan bentuk (Haygreen dan Bowyer, 1982). Batas elastis adalah beban maksimum yang dapat diterima sampai balok kayu tersebut kembali ke bentuk awal setelah beban dilepaskan.

Apabila balok kayu mendapatkan beban diatas batas elastis, maka akan terjadi kerusakan titik rusak (deformasi permanen). Nilai MOE adalah indikator kekakuan pada kayu sampai pada batas elastis saja dan hanya berlaku sampai dengan batas proporsi yang dimana kayu masih bersifat elastis. Pada pengujian lentur elastis kayu, MOE merepresentasikan sifat kekakuan menahan lenturan yang terjadi. Kuat Lentur $fb = \frac{3PL}{2bh^2}$ (Mpa), Modulus of Elasticity $MOE = \frac{PL^3}{4ybh^3}$ (MPa) dan Modulus of Rapture $MOR = \frac{3PL^2}{bh^2}$ (Mpa), dimana P = beban uji maksimum (N), L = jarak tumpuan (mm), b = lebar benda uji (mm), h = tinggi benda uji (mm) dan y= lendutan dari benda uji (mm).

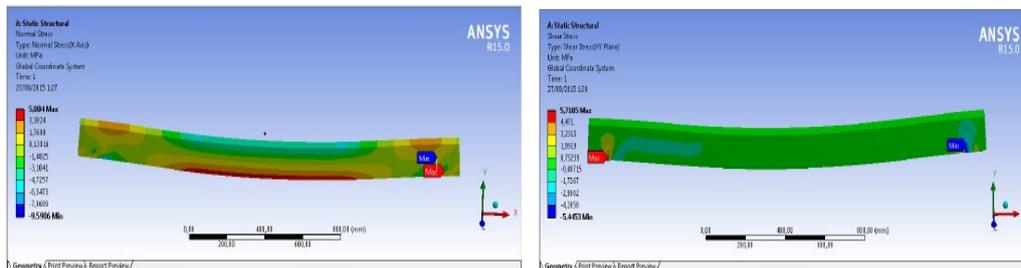
3.7. Analisa Hasil pengujian

Pemodelan balok dengan perletakan sendi rol dan beban terpusat pada jarak L/3 seperti pada gambar 6



(a) Modelisasi Balok (b) Pola Deformasi Total
Gambar 6 Modelisasi dan Pola Deformasi

Berdasarkan uji statik pada model seperti gambar 6 terlihat bahwa deformasi kritis terjadi pada bagian tengah bentang dan berkurang secara gradual ke arah kedua tumpuannya. Hasil uji model menunjukkan bahwa pola Tegangan Normal dominan pada bagian lapis atas tumpuan dan lapis bawah bagian tengah bentang namun tidak signifikan untuk mempengaruhi karakteristik respon struktur yang sebenarnya.



(a) Tegangan Normal (b) Tegangan Geser
Gambar 7 Pola distribusi Tegangan

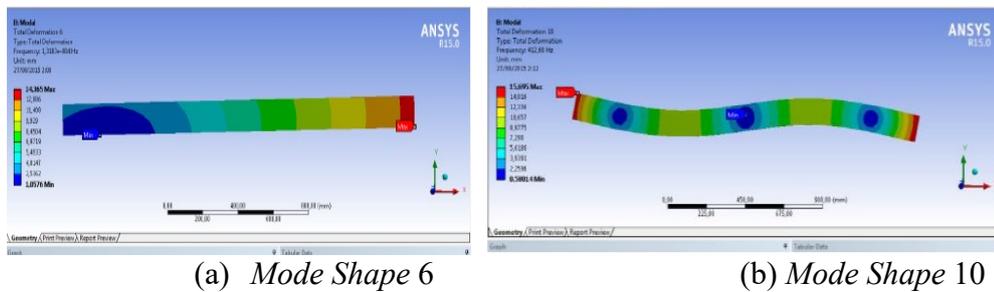
Hasil uji model menunjukkan bahwa pola Tegangan geser dominan pada daerah tumpuan geser namun tidak signifikan mempengaruhi karakteristik struktur terhadap gaya dinamik. Hasil Uji model dengan beban Statik dengan bantuan Program Ansys menunjukkan bahwa Deformasi total maksimum $\Delta_{maks} = 1,3 \text{ mm}$, Tegangan Normal maksimum $\sigma_{maks} = 5 \text{ MPa}$ dan Tegangan geser maksimum $\tau_{maks} = 5.7 \text{ MPa}$.

Tabel 2. Rangkuman Analisa Beban Statik Balok Kayu

No.	Deformasi total (mm)	Tegangan Normal (MPa)	Tegangan Geser (MPa)
1.	<p>1,3001 Max</p> <p>1,1557</p> <p>1,0113</p> <p>0,86682</p> <p>0,72239</p> <p>0,57795</p> <p>0,43351</p> <p>0,28908</p> <p>0,14464</p> <p>0,00020058 Min</p>	<p>5,004 Max</p> <p>3,3824</p> <p>1,7608</p> <p>0,13916</p> <p>-1,4825</p> <p>-3,1041</p> <p>-4,7257</p> <p>-6,3473</p> <p>-7,9689</p> <p>-9,5906 Min</p>	<p>5,7105 Max</p> <p>4,471</p> <p>3,2315</p> <p>1,9919</p> <p>0,75239</p> <p>-0,48715</p> <p>-1,7267</p> <p>-2,9662</p> <p>-4,2058</p> <p>-5,4453 Min</p>

Dari hasil uji statik yang dilakukan pada model ini diperlihatkan bahwa deformasi dan tegangan yang timbul akibat beban statik menimbulkan terjadinya perubahan intensitas namun perubahan tersebut terjadi secara gradual sehingga tidak terlihat pengaruh cukup signifikan pada perubahan balok sejalan dengan peningkatan beban. Peningkatan deformasi terjadi sesuai dengan peningkatan beban hingga mencapai deformasi maksimum pada batas elastis sebesar 1,3 mm. Deformasi maksimum terjadi di daerah tengah bentang balok. Sementara tegangan

normal paling kritis sebesar $\sigma_n=5,0004$ MPa juga terjadi di bagian tengah bentang balok dan pada bagian penampang bawah. Dari nilai Deformasi maksimu , Tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum menunjukkan bahwa sifat elastisnya cukup baik untuk menerima beban maksimum sesuai dengan sifat kayu yang elastis. Pada pengujian beban dinamik yang merupakan representasi dari gaya gempa memiliki indikator yang menjadi perhatian adalah nilai frekuensi dominan dan mode shape nya . Berdasarkan hasil uji pada model ditemukan ada 3 frekuensi yang dominan yaitu frekuensi yang terjadi pada mode shape 6, 10 dan 12. Hasil analisa frekuensi dominan Mode Shape ke-6 frequency: $f = 1,3187 \times 10^{-4}$ Hz. Dari hasil uji model dengan analisa program Ansys pada beban dinamik terlihat bahwa deformasi total maksimm sebesar $\Delta=34$ mm terjadi pada daerah tumpuan sendi

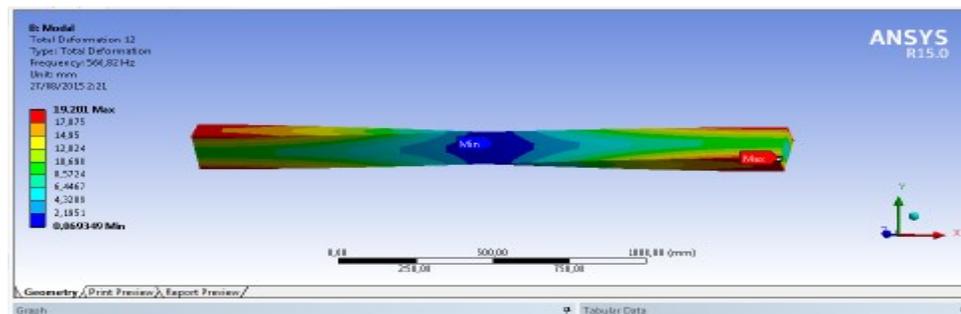


Gambar 8 Pola Deformasi

Mode shape 10 Frequency: $f=412,68$ Hz

Dari hasil uji model dengan analisa program Ansys terlihat bahwa Deformasi total maksimm sebesar $=15.695$ mm terjadi pada daerah tumpuan sendi dan rol

Mode shape ke-12 Frequency: $f=566,82$ Hz. Dari hasil uji model dengan analisa program Ansys terlihat bahwa Deformasi total maksimm sebesar $\Delta=19.201$ mm terjadi juga pada daerah kedua tumpuan sendi dan rol dan makin mengeci kea rah tengah bentang balok

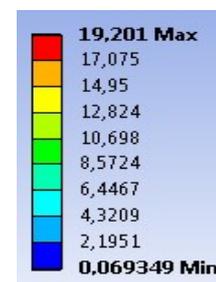
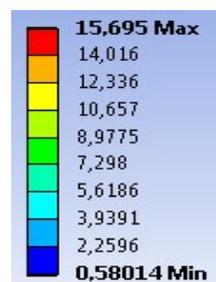
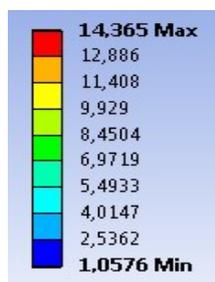


Gambar 9 Pola Deformasi Mode Shape 12

Tabel 3. Rangkuman Analisa Dinamik Balok Kayu

No.	Mode Shapes 6 Total Deformation (mm)	Mode Shapes 10 Total Deformation (mm)	Mode Shapes 12 Total Deformation (mm)
-----	--	---	---

1.



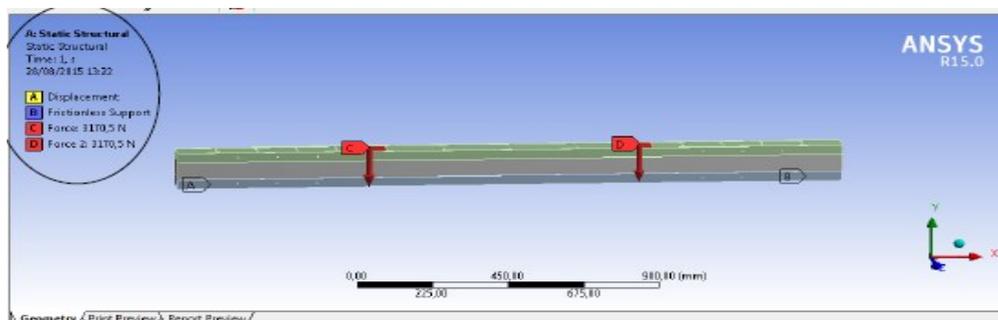
Pada model balok dengan uji beban dinamik menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan deformasi secara cepat sehingga menimbulkan adanya kerusakan besar pada balok. Hal ini disebabkan beban dinamik yang memiliki sifat bolak balik sehingga akan memperlemah sifat penampang penampang balok secara signifikan.

Hasil analisa pengujian dinamik pada model menunjukkan bahwa frekuensi yang terjadi pada balok akibat beban dinamik diperoleh pada kondisi keadaan paling kritis Mode Shape ke 10. Jika diperhatikan pada kondisi Mode Shape 6, dengan sebesar $\Delta = 14,365$ mm adalah history yang jarang terjadi karena frekuensi yang terjadi cukup kecil sehingga tidak seimbang dengan deformasi yang yang dialami. Pada Mode Shapes 10, frekuensi yang terjadi adalah sebesar $f = 412,68$ Hz dan deformasi sebesar $\Delta = 15,695$ mm yang terletak pada bagian ujung balok kayu.

Pada Mode Shape 12 adalah Mode Shape yang merepresentasikan pola puntir pada balok. Hal ini terjadi akibat getaran dinamik yang diaplikasikan dengan bantuan program ANSYS dengan beban dinamik sinusoidal 3 dimensi sumbu x,y,z. Frekuensi yang terjadi cukup besar, yaitu 566,82 Hz, sementara deformasi yang terjadi sedikit diatas dari defoemasi pada Mode Shape 9.

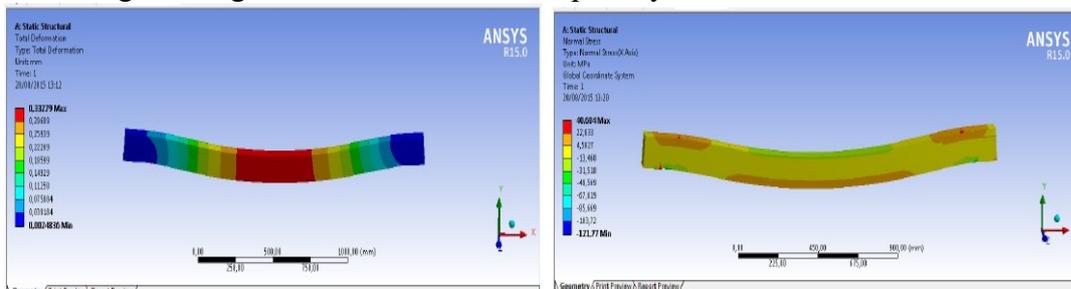
3.8 Balok Kayu Komposit baja ringan terhadap Beban Statik

Pemodelan balok dengan perletakan sendi rol dan beban terpusat pada jarak L/3 seperti pada gambar 10.



Gambar 10 Modelisasi Balok dan beban statik

Berdasarkan uji statik model pada gambar 14 terlihat bahwa sama seperti balok kayu biasa deformasi kritis terjadi pada balok kayu komposit baja ringan bagian tengah bentang dan berkurang secara gradual ke arah kedua tumpuannya.

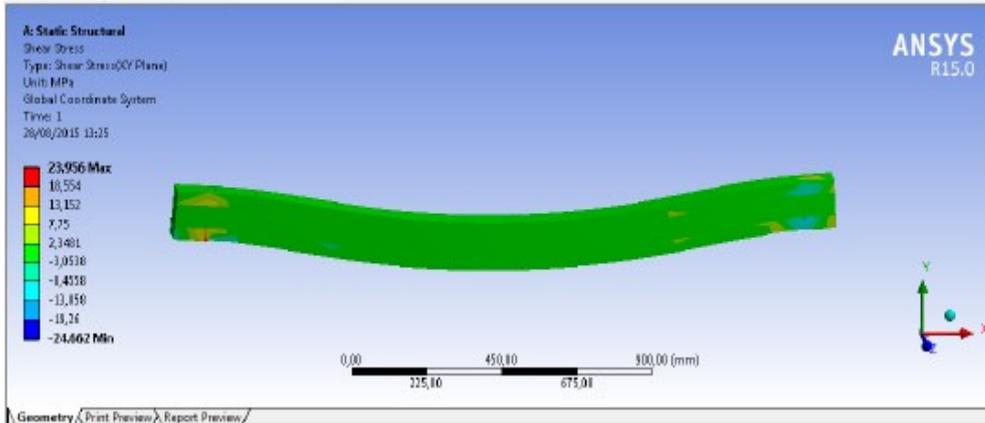


(a) Deformasi total

(b) Tegangan Normal

Gambar 11 Pola Deformasi total dan tegangan akibat beban static

Sama seperti pada balok kayu biasa hasil uji model pada balok komposit baja ringan juga menunjukkan bahwa pola Tegangan Normal dominan pada bagian lapis atas tumpuan dan lapis bawah bagian tengah bentang namun tidak signifikan untuk mempengaruhi karakteristik respon struktur yang sebenarnya. Sama seperti pada pengujian balok kayu biasa hasil uji model balok kayu komposit baja ringan menunjukkan bahwa pola Tegangan geser dominan pada daerah tumpuan namun tidak signifikan mempengaruhi karakteristik struktur terhadap gaya dinamik.

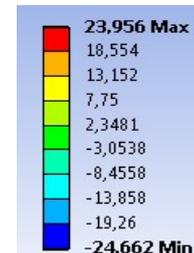
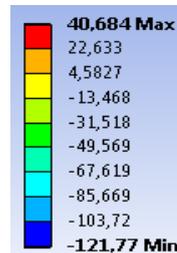
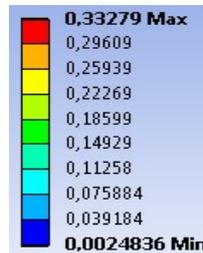


Gambar 12 Pola Tegangan Geser Balok dengan beban static

Tabel 4. Analisa Statik Balok Komposit

No.	Total Deformation (mm)	Normal Stress (MPa)	Shear Stress (MPa)
-----	------------------------	---------------------	--------------------

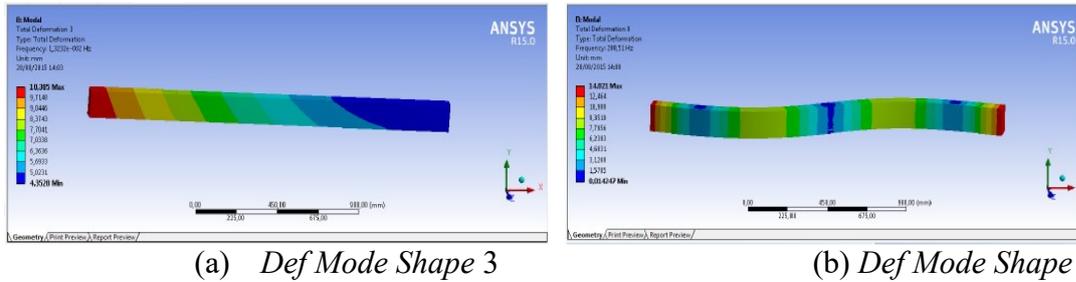
1.



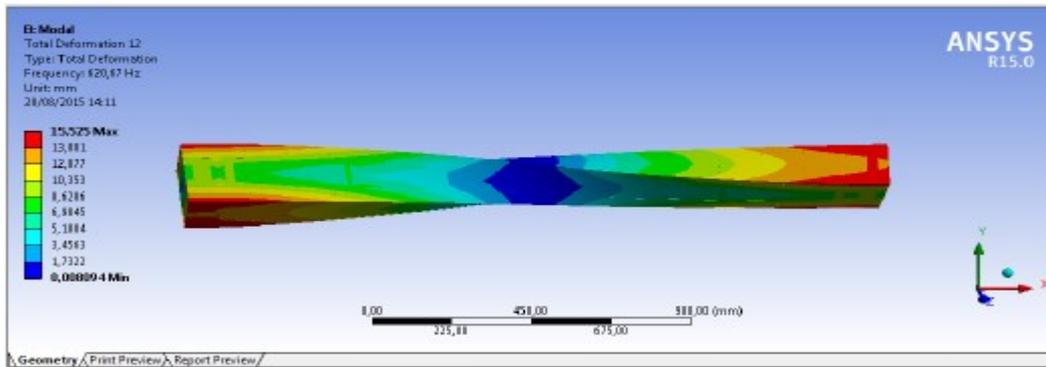
Sama seperti pada balok kayu biasa Perubahan deformasi yang timbul akibat beban static pada model balok kayu komposit baja ringan adalah secara gradual sehingga pengaruhnya tidak dominan. Deformasi mencapai puncak maksimum sebesar $\Delta=0,33279$ mm pada saat terjadi beban maksimum. Semakin besar beban statik yang diberikan, maka semakin besar deformasi yang terjadi. Posisi deformasi maksimum terjadi pada tengah bentang balok kayu. Selain itu tegangan normal maksimum yang terjadi mencapai sebesar $\sigma_n=40,684$ Mpa. dan tegangan geser maksimum yang terjadi pada balok kayu komposit adalah sebesar τ maks =23.956 MPa. Tegangan geser ini akan menimbulkan pergeseran balok komposit pada pertemuan bagian balok yang digabungkan. Sedangkan tegangan geser yang terjadi pada balok kayu komposit lebih besar dari balok kayu biasa karena kemampuan beban maksimum yang dipikul balok komposit lebih besar dari pada kemampuan balok biasa.

3.9 Balok Kayu Komposit baja ringan terhadap Beban Dinamik

Pada pengujian beban dinamik yang merupakan representasi dari beban gempa maka pada balok kayu komposit baja ringan terdapat indikator yang menjadi perhatian adalah nilai frekuensi dominan dan mode shape nya. Berdasarkan hasil uji pada model ini ditemukan ada 3 frekuensi yang dominan yaitu frekuensi yang terjadi pada mode shape 3, 9 dan 12. Mode Shape 3 Frequency: $f=1,3232 \times 10^{-2}$ Hz. Dari hasil uji model balok kayu komposit baja ringan pada beban dinamik dengan bantuan analisa program Ansys terlihat bahwa deformasi total maksimum sebesar $\Delta=10.305$ mm terjadi pada daerah ujung balok.



Gambar 13 Pola Deformasi total Balok kayu komposit terhadap beban dinamik Mode Shape 9 Frequency: $f=288,51$ Hz. Dari hasil uji model balok kayu komposit baja ringan dengan bantuan analisa program terlihat bahwa Deformasi total maksimum yang terjadi sebesar $\Delta= 14.021$ mm pada daerah tumpuan sendi dan rol. Mode Shape ke 12 Frequency: $f=620,67$ Hz. Dari hasil uji model balok kayu komposit baja ringan dengan bantuan analisa program Ansys terlihat bahwa Deformasi total maksimum yang terjadi pada mode shape 12 adalah sebesar $\Delta= 15.525$ mm pada daerah tumpuan sendi dan rol.



Gambar 14 Pola Deformasi total mode shape 12 Balok kayu komposit baja ringan dengan beban dinamik

Tabel 5. Rangkuman Dinamik Balok kayu Komposit baja ringan

No.	Mode Shapes 3 Total Deformation (mm)	Mode Shapes 9 Total Deformation (mm)	Mode Shapes 12 Total Deformation (mm)
1.	<p>10,385 Max</p> <p>9,7148</p> <p>9,0446</p> <p>8,3743</p> <p>7,7041</p> <p>7,0338</p> <p>6,3636</p> <p>5,6933</p> <p>5,0231</p> <p>4,3528 Min</p>	<p>14,021 Max</p> <p>12,464</p> <p>10,908</p> <p>9,3519</p> <p>7,7956</p> <p>6,2393</p> <p>4,6831</p> <p>3,1268</p> <p>1,5705</p> <p>0,014247 Min</p>	<p>15,525 Max</p> <p>13,801</p> <p>12,077</p> <p>10,353</p> <p>8,6286</p> <p>6,9045</p> <p>5,1804</p> <p>3,4563</p> <p>1,7322</p> <p>0,008094 Min</p>

Pada Tabel 5. dapat di analisa sebagai berikut:

Mode Shape ke 3, dengan frekuensi natural $f=1,3232 \times 10^{-2}$ Hz terjadi deformasi $\Delta= 10,385$ mm. Hal ini jarang terjadi karena frekuensi dan deformasi tidak memenuhi pada keadaan yang sesungguhnya. Pada mode shape ke 9, dengan frekuensi natural $f= 288,51$ Hz terjadi deformasi $\Delta= 14,021$ mm dan posisi pada bagian ujung balok . Keadaan ini juga tidak memenuhi pada keadaan sesungguhnya. Pada mode shape ke 12, menandakan pola terjadinya puntir pada balok. Hal ini disebabkan beban dinamik akibat getaran secara sinusoidal terhadap tiga dimensi sumbu x,y dan z yang menimbulkan gaya dinamik pada arah tiga dimensi dan adanya perilaku dinamik dari berbagai sumbu baik itu pada sumbu x, y, maupun z. Karena frekuensi besar dan deformasi yang kecil maka keadaan ini tidak mewakili keadaan sesungguhnya. Dari tiga keadaan dengan frekuensi dominan maka dapat disimpulkan bahwa

balok kayu komposit dengan beban Dinamik yang memiliki respon balok paling kritis terhadap gaya dinamik adalah berada pada Mode Shapes ke 9.

4. KESIMPULAN

Dari Uraian hasil pengujian yang dilakukan dan gambaran pola kecenderungan Respon dinamik pada komponen struktur balok sesuai dengan hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut

- 1) Balok kayu biasa memiliki respon dinamik yang cukup baik sehingga balok ini termasuk baik untuk struktur rumah tahan gempa terbukti dari hasil pengujian frekuensi dominan dengan analisa program Ansys menunjukkan pola deformasi yang terjadi pada mode shape yang paling kritis tidak signifikan untuk memberikan kerusakan pada balok. Gaya dalam yang ditimbulkan cukup kecil dan masih dibawah kekuatan balok yang di uji.
- 2) Balok kayu komposit baja ringan memiliki respon dinamik yang lebih baik dari respon dinamik balok kayu biasa sehingga akan lebih baik jika digunakan sebagai struktur bangunan rumah tahan gempa terbukti dari hasil analisa perhitungan frekuensi dominan menunjukkan bahwa pola deformasi total tidak signifikan menimbulkan kerusakan pada balok karena gaya dalam yang diterima masih jauh lebih kecil dari kemampuan balok benda uji.
- 3) Pada balok kayu komposit perlu perhatian khusus pada daerah penyambungan antara balok kayu dengan komposit baja ringan karena sambungan tersebut menerima gaya geser besar dan dapat melepaskan sambungan anatar kayu dengan komposit baja ringan sehingga pada akhirnya menimbulkan perlemahan balok kayu komposit baja ringan yang digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ansys (2020) "Finite Element Analysis and Industrial Applications" Versions 19.2, 19.3, and 2020R2
- Badan Standaridasi Nasional.(2019) "Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 1726-2019."
- Boen, Teddy. (2009). Manual Bangunan Tahan Gempa. World Seismic Safety Initiative.Jakarta
- Chopra Anil. K (1995) "Dynamic of Structure. Theory and Applcyaions to Earthquake Engineering", Prentice Hall, Upper Saddle,New Jersey, 07458.
- Clough & Penzien, 1993, Dynamic of Structures, Second Edition, Mc. Graw-Hill, Inc., New York
- Charlesson A, W (1988) "Arsitektur Gempa "Catatan Seminar dan Kuliah di Victoria University of Wellington. Wellington 1988
- Departemen Pekerjaan Umum, "Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung" SKBI-13.53.1987, UDC :699.841
- Dewobroto, W., Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000", Penerbit PT. Elex Media Komputindo.
- Haygreen JG, Bowyer JL (1982) Forest products and wood science: an introduction. Iowa State University Press, Ames
- Kusbiantoro, A at.all (2016) "Perbandingan analisa balok baja dengan cara teoritis dan finite element analysis "
- Lase. Y. "Aspek Teknik Gempa Dalam Perencanaan Bangunan Tahan Gempa", Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia, Depok.
- Mario Paz, (1990) "Dinamika Struktur, Teori dan Perhitungan, Erlangga, Jakarta 1990.

- Modul C-4_1(2002) “Perencanaan bangunan rumah Sederhana Tahan Gempa” DPU Puskim Bandung 2002
- Purwono, R.,(“Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa”, sesuai SNI-1726 dan SNI-2847.
- Siddiq .S (2008) “Gempa Bumi dan Struktur Bangunan Gedung” DPU Puskim Bandung 2008.
- SNI 05-3293-1994 “Peraturan Pembebanan Indonesia “Bandung 1994
- Simanjuntak Pinondang (2012) “Kajian Awal Respon Seismik Rumah adat Tradisional Mentawai UMA. FT UKI Jakarta.
- Simanjuntak Pinondang (2013) “Kajian Awal Respon Seismik Rumah adat Tradisional Batak. FT UKI Jakarta
- Simanjuntak Pinondang (2013) “
- Sukoyo (2012) “Pemodelan bangunan untuk simulasi respons struktur akibat beban dinamik”.
- Suryanita, R, Sarfika, H (2007) “Respons struktur sdof akibat beban sinusoidal dengan metode integral Duhamel”.
- Tampubolon, S. (2021). Analisis Kekuatan Geser Pada Hubungan Balok-Kolom Interior Beton Bertulang. *JCEBT (JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, BUILDING AND TRANSPORTATION)*, 5(1), 56-63.
- Teddy Boen (1977) “Dasar Dasar Perhitungan Bangunan Tahan Gempa” DPU Puskim Jakarta
- Tampubolon, S. (2020). Analisa Perilaku Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Simulasi VecTor2. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 3(2), 55-64.
- Thimo Shenko, “Elements of Strength of Materials “Affiliated East-West Press.
- Tampubolon, S. P., Wang, C. Y., & Wang, R. Z. (2020). Numerical simulations of the bond stress-slip effect of reinforced concrete on the push over behavior of interior beam-column joint. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 725, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (1981) “Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia “Jakarta 1981.