

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit Bambu dan Beton

Komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit baru yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua jenis material yang berbeda, yaitu Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile*, tetapi lebih rigid serta lebih kuat dan Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai rigiditas yang lebih rendah. (<http://eantrenkz.blogspot.com>) Dengan demikian, maka komposit dapat dipahami sebagai penggabungan atau pengkombinasian dua material atau lebih secara makroskopis (dapat dilihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

Beton bertulang adalah gabungan antara beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi memiliki kekuatan tarik yang rendah, dan tulangan yang ditanamkan dalam beton, yang bertujuan untuk memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang & Salmon, 1994). Sebagai salah satu bahan komposit, ikatan efektif antara beton dan tulangan mutlak diperlukan agar terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan lain. Kuat ikatan antara beton dan tulangan dapat ditentukan melalui tegangan yang ada, dimana kemungkinan terjadinya pengelinciran sangat kecil.

Kuat lekat dapat terjadi akibat adanya saling geser antara tulangan dan beton di sekelilingnya. Pada penggunaan beton sebagai salah satu komponen bangunan, beton selalu diperkuat dengan tulangan baja. Jadi diharapkan bambu juga dapat

bekerja sama baiknya dengan tulangan baja, sehingga dapat menutupi kelemahan yang ada pada beton, yaitu kurang kuat dalam menahan gaya tarik.

Menurut Nawy (1986), kuat lekat antara tulangan dan beton yang membungkusnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya.
2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekitarnya.
3. Efek kualitas beton, yaitu kekuatan tarik dan tekannya.
4. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan, yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkakan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.
5. Diameter, bentuk, dan jarak tulangan karena seluruhnya berpengaruh terhadap pertumbuhan retak.

Kuat lekat antara beton dan bambu tulangan akan berkurang apabila mendapat tegangan yang tinggi karena terjadi retak pada beton. Apabila terus berlanjut, hal ini akan mengakibatkan retakan menjadi lebih lebar dan bersamaan dengan itu akan terjadi defleksi pada balok.

2.2 Statika dan Mekanika Bahan

Dalam bidang ilmu teknik sipil, perlu dipahami bahwa terdapat pengaruh gaya luar (beban) terhadap perilaku sistem struktur. Pengaruh terhadap sistem struktur dapat menimbulkan perubahan gaya dalam yang meliputi perubahan momen, gaya normal, gaya lintang, defleksi, regangan, tegangan dan sebagainya.

Berikut akan dijelaskan pengertian dan pengaruh gaya luar terhadap gaya dalam yang terjadi.

2.2.1 Hubungan Beban (Gaya Luar) terhadap Momen

Momen adalah setiap gaya yang bekerja pada suatu benda, yang akan menyebabkan benda tersebut mengalami translasi dalam arah gaya itu. Bergantung pada titik tangkapnya, gaya itu juga dapat menyebabkan terjadinya rotasi yang disebut momen dari gaya tersebut (Schodek, 1998). Secara sederhana momen dapat dirumuskan sebagai berikut

$$M = P \cdot a \quad (2-1)$$

dimana : M = Momen (tm, kgm, dsb)

P = Gaya luar/beban (ton, kg, dsb)

a = Jarak \perp antara gaya P terhadap titik yang ditinjau

Dengan mengetahui pengertian dari momen dapat dipahami bahwa momen sangat dipengaruhi oleh besarnya gaya dan jarak terhadap titik yang ditinjau.

2.2.2 Hubungan Beban (Gaya Luar) terhadap Regangan dan Tegangan

Regangan (ϵ) dapat didefinisikan sebagai rasio (perbandingan) antara perubahan ukuran atau bentuk suatu elemen yang mengalami tegangan, terhadap ukuran dan bentuk semula (S) elemen (Schodek, 1998). Selain menyebabkan terjadinya momen, gaya luar juga menyebabkan tegangan. Tegangan timbul sebagai akibat dari gaya luar (beban), pada atau di dalam elemen struktur timbul kekuatan/kekakuan yang melawan gaya luar (beban) tersebut yang disebut tegangan (Frick, 2003).

Pada balok, tegangan yang terjadi merupakan respon terhadap momen lentur eksternal pada satu titik di balok tersebut (Schodek, 1998). Distribusi tegangan tersebut didasarkan atas asumsi bahwa tegangan berbanding lurus (linear) dengan deformasi. Tegangan pada balok dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad (2-2)$$

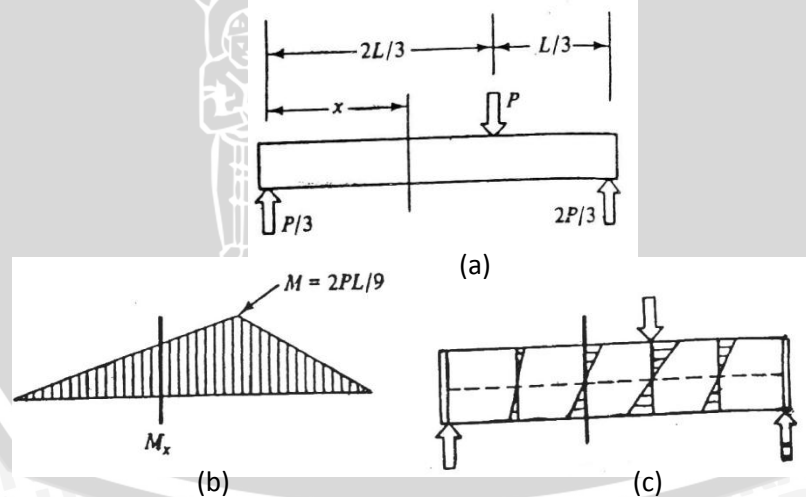
dimana : σ = Tegangan

M = Momen

y = Parameter Lokasi

I = Besaran Penampang

Untuk lebih memahami pengaruh momen terhadap tegangan pada balok dapat dilihat pada gambar 2.1. Pada gambar 2.1 (c) terlihat bahwa besarnya tegangan pada penampang berbanding langsung dengan momen lentur yang terdapat pada penampang tersebut.



Gambar 2.1 Distribusi gaya dan tegangan pada balok

- (a) Balok segiempat yang dibebani
- (b) Diagram Momen
- (c) Tegangan pada balok

Sumber : Schodek (1998)

Hubungan antara regangan dan tegangan untuk material elastis pertama kali ditemukan oleh Robert Hooke (1653-1703) dan dikenal sebagai *Hukum Hooke*. Hukum Hooke menyatakan bahwa untuk benda elastis, perbandingan antara tegangan yang ada pada elemen terhadap regangan yang dihasilkan adalah konstan, dan besaran konstan ini disebut sebagai Modulus Elastisitas (E). Jadi modulus elastisitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2-3)$$

dimana : E = Modulus Elastisitas

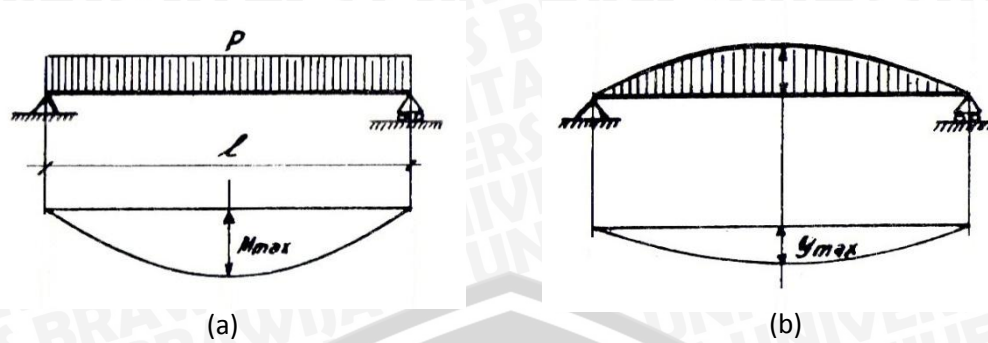
σ = Tegangan

ϵ = Regangan

Nilai modulus elastisitas (E) suatu bahan adalah konstan, maka tegangan yang terjadi akan mempengaruhi regangan. Berdasarkan persamaan 2-2, tegangan berbanding lurus dengan momen (M). Sehingga dapat disimpulkan bahwa posisi dan besarnya beban sangat mempengaruhi besarnya regangan yang terjadi.

2.2.3 Hubungan Beban (Gaya Luar) terhadap Defleksi

Defleksi pada suatu konstruksi batang dapat ditentukan sebagai bidang/diagram momen \bar{M} oleh beban diagram momen M_0 yang direduksi dengan $-1/EI$. Garis elastis menjadi garis sisi diagram momen \bar{M} itu. Garis elastis adalah garis sumbu suatu batang yang lurus, yang akan melengkung oleh pengaruh gaya atau momen yang membebaninya. Pada gambar 2.2 dijelaskan bagaimana momen sangat berpengaruh pada defleksi.



Gambar 2.2 Defleksi balok tunggal dengan beban merata

(a) Bidang momen akibat beban merata

(b) Bidang Momen yang menjadi beban untuk memperoleh grafik defleksi

Sumber : Frick(1991)

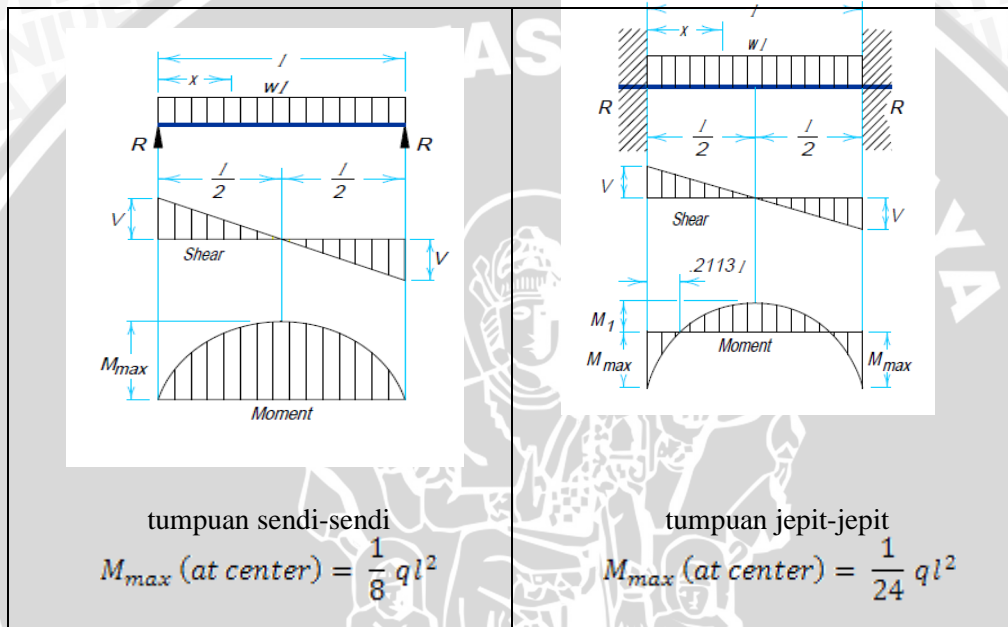
Pada gambar 2.2(a) terlihat bidang momen akibat beban merata pada balok sederhana. Diagram momen yang ada pada gambar 2.2(a) dibebankan pada balok dengan direduksi $-\frac{1}{EI}$ seperti pada gambar 2.2 (b) sehingga diperoleh grafik defleksi pada balok sederhana dengan beban merata. Dapat disimpulkan dari gambar 2.2 hubungan antara beban dan defleksi, dimana beban mempengaruhi diagram momen dan nilai dari momen akan mempengaruhi defleksi (Frick, 2003).

2.2.4 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan untuk memudahkan proses analisis. Pemodelan efektif bergantung pada perilaku eksak struktur pada titik hubung elemen struktur karena sifat gaya-gaya rekasi yang timbul pada benda yang dibebani tergantung bagaimana benda tersebut ditumpu atau dihubungkan dengan benda lain. Untuk memudahkan analisis, titik hubung dapat dimodelkan sebagai salah satu jenis dari jenis-jenis dasar (sendi, jepit, rol) (Schodek, 1998). Pada umumnya, struktur balok akan dianalisis dengan asumsi balok diatas dua perletakan atau tumpuan (rol, sendi, dan jepit).

Oleh karena itu, penting untuk mengetahui asumsi yang tepat pada titik hubung antara balok dengan elemen struktur lainnya. Diharapkan asumsi terhadap tumpuan yang digunakan dapat memberikan hasil yang mendekati kenyataan. Untuk itu, pada tabel 2.1 akan diberikan hubungan antara momen akibat tumpuan sendi dan jepit dengan beban merata.

Tabel 2.1 Persamaan Defleksi untuk Berbagai Kondisi Tumpuan dan Pembebanan Merata



Sumber : Load & Resistance Factor design (LRFD) Volume 1

2.3 Bambu

Bambu termasuk *famili* rumput-rumputan yang banyak terdapat di daerah tropis dan subtropis di Asia termasuk Indonesia. Batang bambu umumnya berbentuk tabung atau silinder dengan diameter 1 cm sampai 25 cm sehingga momen inersianya besar, tetapi ringan. Silinder batang bambu tersebut dipisahkan oleh nodia-nodia atau ruas-ruas yaitu diafragma yang arahnya transversal. Dengan adanya ruas-ruas, maka bahaya tekuk lokal menjadi berkurang (Ghavami, 2004).

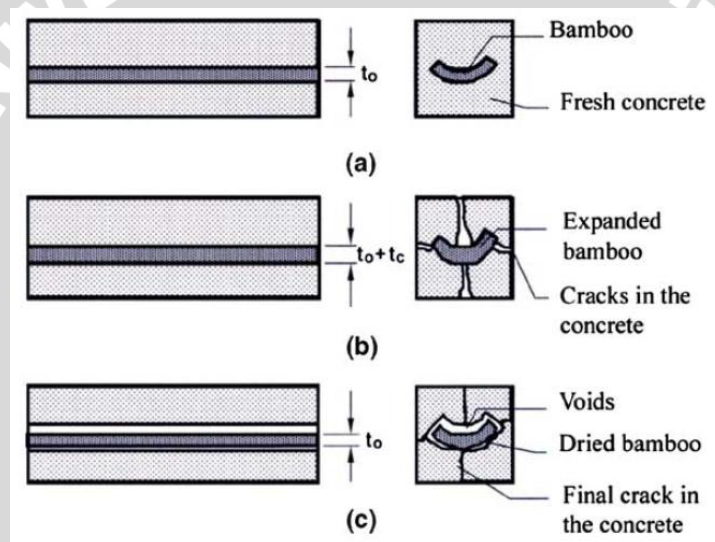
Bambu memiliki kekuatan yang bervariasi pada setiap bagiannya. Tegangan terendah terjadi pada bagian pangkal, dan tegangan tertinggi terjadi pada bagian ujung. Hal ini telah dibuktikan dalam suatu hasil penelitian yang menyebutkan bahwa kekuatan bambu tidak banyak berubah pada bagian pangkal sampai dengan $\pm \frac{1}{2}$ tinggi bambu (Duff,1941)

Dilihat dari struktur anatominya, bambu mengandung banyak serat dan pembuluh yang arahnya sejajar mengikuti arah memanjang bambu, sehingga kekuatan tarik dan kekuatan tekan sejajar serat cukup tinggi. Secara umum ada 40% - 70% serat yang terkonsentrasi pada bagian luar dan 15% - 30% serat di bagian dalam batang. Serat-serat tersebut terarah sepanjang sumbu batang bambu dengan diameter 0,7 mm hingga 0,8 mm, tergantung pada spesies dan lokasi tampang melintang.

Sejak tahun 1979 beberapa program riset telah dilakukan. Hasil penelitian dan variabel-variabel yang diteliti, salah satunya di Jurusan Teknik Sipil pada *Pontificia Universidade Rio De Jeneiro* (PUCJR) dapat dipergunakan untuk memecahkan beberapa masalah yang terkait dalam pemakaian bambu sebagai elemen struktur seperti beton bertulang, bambu, dan struktur ruas bambu.

Bambu memiliki kelemahan berupa sifat yang mudah diserang serangga, namun hal ini dapat diatasi dengan melakukan pengawetan sebelum bambu digunakan, misalnya dengan merendam bambu dalam air (Ghavami, 2004). Selain itu bambu juga mempunyai sifat kembang susut. Bambu dapat mekar jika menyerap air dan susut kembali jika mengering. Hal ini dianggap sebagai salah satu kelemahan bambu jika digunakan sebagai bahan pengganti tulangan beton karena bambu cenderung menyerap air beton segar dan mengembang seperti yang

terlihat pada gambar 2.3 (a), akibat bambu yang mengembang beton menjadi terdorong terlihat pada gambar 2.3 (b), dan ketika menyusut yaitu pada masa perawatan (*curing*) sehingga meninggalkan rongga udara antara beton dan bambu seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 (c). Akibat kembang susut tersebut, bambu berpotensi mengakibatkan retak-retak selama masa pakai (*service life*), sehingga penggunaannya sebagai pengganti tulangan baja pada beton bertulang masih bersifat sangat terbatas dan belum menjadi alternative pilihan bagi banyak orang.



Gambar 2.3 Perilaku bambu yang tidak dilapisi lapisan kedap air

- (a) Bambu dalam beton segar
- (b) Bambu menyerap air dan mengembang pada masa perawatan mortar
- (c) Bambu mengerut setelah masa perawatan beton

Sumber : Ghavami (2004)

Kelemahan ini dapat diatasi dengan menutup pori-pori bambu dengan lapisan kedap air. Dengan cara ini, maka pori-pori bambu akan tertutup dan tidak menyerap air beton segar sehingga tidak menyebabkan kembang susut. Karena tidak terjadi proses kembang susut, maka rongga antara bambu dan beton juga tidak akan terbentuk dan bambu dapat merekat lebih baik dengan beton.

2.3.1 Sifat Bahan Bambu

Semua sifat kekuatan bambu sangat dipengaruhi oleh kadungan air yang terdapat dalam bambu. Liese (dalam Pathurahman, 1998) menyatakan bahwa kadungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang. Sifat-sifat kekuatan bambu akan meningkat seiring dengan menurunnya kadar air dan berkorelasi positif dengan berat jenis.

Rata-rata kadar air pada bambu dengan kelembapan udara 70% adalah 12%. Berat jenis berkisar 0.55 – 0.71 dan berat isi rata-rata sekitar 700 kg/m³. Konduktivitas panas batang bambu adalah 0.17 W/m.⁰C (Suseno, 2010). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Morisco (1999) diperoleh kuat batas dan tegangan ijin bambu sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Kuat Batas dan tegangan ijin Bambu

Macam Tegangan	Kuat Batas (kg/cm ²)	Tegangan Ijin (kg/cm ²)
Tarik	981-3920	294,2
Lentur	686-2940	98,07
Tekan	245-981	78,45
E tarik	98070-294200	196,1x10 ³

Sumber : (Morisco, 1999)

2.3.2 Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schultes f.))

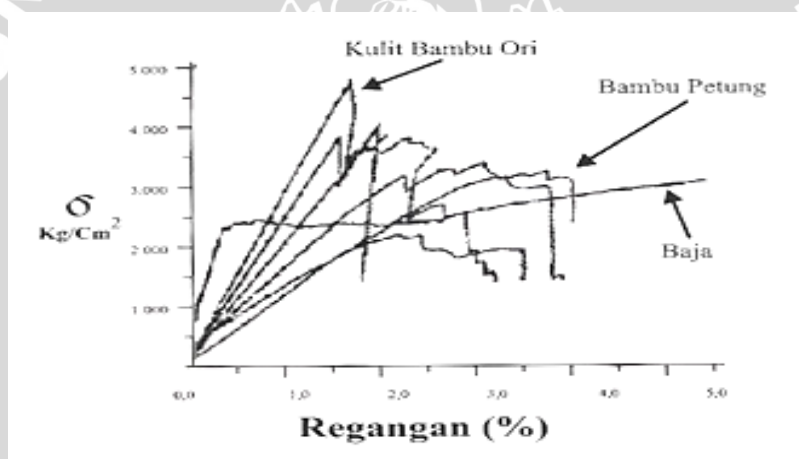
Bambu jenis ini dapat tumbuh hingga ketinggian mencapai 20-30 m dan tebal dinding batang mencapai 11-36 mm. Satu rumpun dewasa menghasilkan 10-12 batang baru per tahun (<http://jims-architecth.blogspot.com>). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Morisco pada tahun 1994-1999, kuat tarik Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) juga lebih tinggi dari baja (kuat leleh 2400 kg/cm²) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4.

Pada pengujian sifat fisik dan mekanik bambu petung diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Bambu Petung

No	Sifat Fisik & Mekanik	Satuan	Bambu Petung
1	Kadar Air	%	12,50
2	Berat Jenis	gr/cc	0,63
3	MOE	kg/cm ²	166703
4	MOR	kg/cm ²	1490
5	Tekan Sejajar Serat	kg/cm ²	321,5
6	Tarik Sejajar Serat	kg/cm ²	1664
7	Poisson Ratio Longitudinal-Radial		0,189
8	Poisson Ratio Longitudinal-Tangensial		0,225

sumber : Karyadi dan Susanto, 2010 dan Setyo, dkk , 2013



Gambar 2.4 Diagram tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco, 1999

2.4 Balok (*Beam*)

Balok (*Beam*) adalah salah satu elemen struktur yang digunakan untuk mentransfer beban vertikal secara horizontal. Meskipun dianggap sederhana dalam hal konstruksi, balok mempunyai karakteristik internal yang lebih rumit dalam memikul beban dibandingkan elemen struktur yang lain, misalnya rangka batang maupun kabel. (Schodek, 1998)

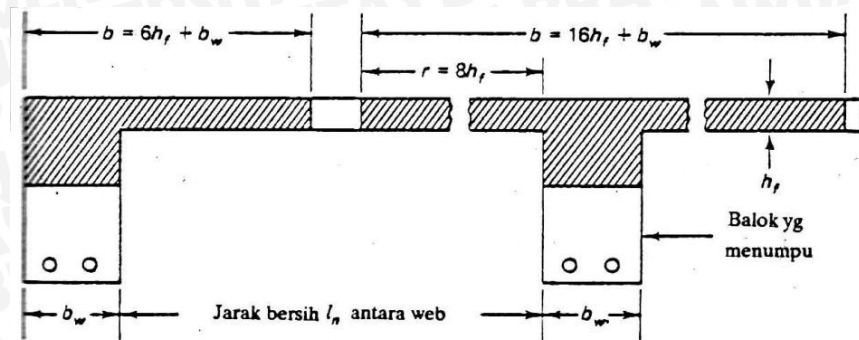
2.4.1 Persentase Tulangan Bambu Minimum Pada Balok

Bambu merupakan salah satu material alternatif pengganti tulangan baja sehingga diperlukan perencanaan tulangan minimum apabila digunakan sebagai tulangan pada elemen balok. Perencanaan tulangan minimum diperlukan untuk mencegah terjadinya tulangan yang putus secara mendadak akibat dibebani lentur (Kusuma & Vis, 1994). Oleh karena itu, telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menemukan persentase tulangan minimum yang dapat menghasilkan beban maksimum yang dapat diterima (*the highest applied load*).

Penelitian yang dilakukan oleh Ghavami (2004) menyimpulkan persentase ideal tulangan bambu terhadap penampang melintang balok adalah 3%, persentase ini mampu memberikan nilai beban maksimum yang dapat diterima (*the highest applied load*). Selain itu, penelitian yang dilakukan *The United States Naval Civil Engineering Laboratory* (1966, 2000) merekomendasikan persentase minimum tulangan bambu terhadap penampang melintang balok adalah 3 - 4% untuk menghasilkan nilai beban optimum.

2.5 Balok T

Balok T adalah bentuk penampang balok bukan segiempat yang paling sering digunakan. Karena slab pada umumnya dicor secara monolit dengan baloknya, seperti pada gambar 2.5, maka kekuatan dan kekakuan balok segiempat akan bertambah dengan adanya kontribusi dari bagian slab, karena ada bagian slab yang menjadi bagian dari balok (menjadi flens dari balok).



Gambar 2.5 Balok T sebagai bagian dari sistem lantai *slab* – balok (penampang melintang balok)
Sumber : Nawy, 2008

Lebar sebagian slab yang dianggap dapat bekerja sama dengan balok dalam membentuk penampang balok berflens harus memenuhi persyaratan berikut (lihat gambar 2.3):

- Lebar slab tambahan di satu sisi balok (*effective overhang*) $\leq 8 h_f$
- Pada setiap sisi, lebar ini $\leq 0,5$ jarak bersih web balok berikutnya ($\leq \frac{1}{2} l_n$)
- Lebar flens $b \leq 0,25$ bentang balok (dari as ke as)

2.6 Garis Pengaruh

Adanya muatan/beban hidup yang bergerak dari satu ujung ke ujung lain pada suatu konstruksi/elemen struktur akan menyebabkan timbulnya perubahan nilai reaksi maupun gaya dalam (Mulyati, 2006), sehingga garis pengaruh memiliki peranan penting dalam desain struktur yang menahan beban hidup atau bergerak. Setiap reaksi, geseran, momen, atau defleksi lainnya di titik tertentu pada elemen struktur dapat dideskripsikan dengan baik dalam bentuk grafis dengan menggunakan garis pengaruh (Ghali & Neville, 1985). Jadi dapat dipahami bahwa garis pengaruh adalah diagram yang menggambarkan perubahan reaksi tumpuan atau gaya dalam struktur akibat beban satuan yang bergerak

(Dewi, 2013). Namun perlu dipahami pembuatan garis pengaruh berbeda dengan membuat diagram geseran atau momen. Garis pengaruh menggambarkan efek beban bergerak hanya di titik tertentu pada suatu anggota bagian, sedangkan diagram geseran dan momen menggambarkan efek beban-beban tetap sepanjang sumbu anggota bagian. (Hibbeler, 2002)

2.6.1 Prosedur Memperoleh Garis Pengaruh

Salah satu prosedur yang dapat digunakan untuk membuat garis pengaruh di suatu titik tertentu P pada sebuah elemen struktur untuk setiap fungsi (reaksi, geseran, atau momen) adalah sebagai berikut : Letakkan suatu beban satuan di berbagai lokasi x , sepanjang elemen struktur dan di setiap lokasi peletakan dengan menggunakan ilmu statika untuk mencari nilai-nilai fungsi (reaksi, geseran, atau momen) di titik tertentu. Setelah diperoleh berbagai nilai fungsi (reaksi, geseran, atau momen) di berbagai titik sepanjang elemen struktur, nilai-nilai tersebut dapat diplot dan segmen-segmen garis pengaruh dapat dibuat (Hibbeler, 2002). Pada penelitian ini, balok akan dianalisis sebagai satu kesatuan elemen jembatan sehingga pemodelannya statik tak tentu. Titik hubung antara balok dan rangka yang masih sulit untuk dimodelkan sehingga metode di atas sangat cocok untuk diterapkan karena memudahkan dalam memperoleh garis pengaruh.

2.7 Material Penyusun

Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002). Jadi beton bertulang dapat

diartikan sebagai beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Jadi setiap komponen yang terdapat dalam beton bertulang memiliki sifat dan karakteristik yang bervariasi sebagai berikut :

2.7.1 Semen

Semen merupakan bahan perekat untuk menyatukan bahan penyusun mortar menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi. Semen akan berfungsi sebagai perekat apabila diberi air, sehingga semen tergolong sebagai bahan perekat hidrolis. Pengertian ini dapat diterapkan untuk banyak jenis semen yang biasa digunakan untuk konstruksi beton bangunan. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Menurut (SNI 15-2049-1994) semen Portland diklasifikasikan dalam lima jenis yaitu:

1. Semen Portland Tipe I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen Portland Tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland Tipe III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Semen Portland Tipe IV yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Semen Portland Tipe V yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.7.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar kurang lebih 70-75% dari volume massa yang telah mengeras, air yang belum bereaksi dan rongga-rongga udara. (Winter, 1993).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. (Murdock, 1981)

Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda utuh, homogen dan rapat dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Jenis agregat sendiri dibagi menjadi agregat kasar dan agregat halus. (Nawy 1990)

2.7.2.1 Agregat Kasar

Suatu agregat disebut sebagai agregat kasar apabila ukurannya telah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir

beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan faktor-faktor perusak lainnya. Jenis agregat kasar yang umum yaitu batu pecah alami, kerikil alami, agregat kasar buatan. (Nawy,1990).

Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras, tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai bila jumlahnya tidak lebih dari 20% dari agregat keseluruhan. Agregat kasar juga harus memenuhi syarat kebersihan yaitu tidak mengandung lumpur lebih dari 1% dan juga tidak mengandung zat-zat organik yang nantinya dapat merusak beton. Beberapa faktor untuk menentukan jenis agregat kasar yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

- a. Gradasi, mempengaruhi kekuatan
- b. Kadar air, mempengaruhi perbandingan semen.
- c. Kebersihan, memepengaruhi kekuatan dan keawetan.

2.7.2.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat isi yang berupa pasir. Agregat halus berfungsi untuk mengisi ruangan antar agregat kasar dan memberikan kelecakan. Ukurannya bervariasi antara ukuran nomor 4 dan nomor 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan nomor 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam satu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan ASTM (*American Society of Testing and Materials*). (Nawy, 2008)

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya karena lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Apabila kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus dicuci.. Selain lumpur, pasir juga tidak boleh mengandung zat organik yang nantinya dapat merusak beton.

2.7.3 Air

Air sangat diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberi kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang digunakan sebaiknya memenuhi persyaratan kualitas sebagai berikut : (Mulyono, 2004)

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak mortar (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.7.4 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen atau *Water Cement Ratio* (W.C.R) sangat mempengaruhi kekuatan beton. Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65. (Tri Mulyono,2004)

2.8 Zat Pelapis Bambu

Lapisan kedap air dapat berupa melamin, sikadur, cat atau vernis untuk mengurangi susut pada bambu atau menghilangkannya sama sekali. Pada penelitian ini lapisan kedap air yang digunakan pada bambu adalah cat, dengan didasarkan atas beberapa alasan yaitu, daya lekat yang cukup baik, mudah dalam mengaplikasikan, dapat menutup permukaan dengan baik, dapat membentuk kohesif *film* (bagian cat yang menempel) dan tahan terhadap cuaca. Sifat fisik bambu dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa kuat lekat tulangan bambu (petung) yang dilapisi cat dapat meningkat hingga 1,0 Mpa. (Irianta, 2009)

Kekurangan dari penggunaan cat yaitu permukaan bambu menjadi licin sehingga perlu diantisipasi dan salah satu solusinya adalah dengan menaburkan lapisan pasir pada permukaan tulangan yang telah dilapisi cat. Dengan pemberian lapisan pasir pada bambu, kuat lekat yang dihasilkan dan kekasaran permukaan tulangan akan meningkat. Jadi cat disini memiliki fungsi ganda yaitu sebagai bahan pelekat pasir dan sebagai lapisan kedap air pada bambu.

repository.ub.ac.id

Pada penelitian ini, bambu dilapisi cat dan pasir dengan proses pengulangan sebanyak dua (2) kali, sehingga diharapkan bambu akan terlapisi dengan sempurna dan dapat meningkatkan kekuatan lekat antara bambu dan beton.

2.9 Penampang Transformasi

Dalam sistem komposit, unsur-unsur penyusun memiliki modulus elastisitas yang berbeda. Untuk menghitung tegangan-tegangan yang terjadi dapat digunakan metode penampang transformasi (Metode Luas Pengganti). Dalam metode penampang transformasi, luas penampang dari kedua bahan ditransformasikan menjadi satu macam penampang bahan serba sama (homogen) dengan tujuan untuk menyamakan perilaku dalam mekanisme menahan beban. Meskipun sifat kedua macam bahan tersebut sama sekali berbeda, metode transformasi penampang dimaksudkan sebagai langkah penyederhanaan dalam analisis lenturan menurut teori elastisitas (Dipohusodo I, 1994).

Metode transformasi untuk beton bertulang dilakukan dengan mengganti luasan penampang baja (A_s) dengan luas beton ekivalen (A_{bt}) dan tegangan tarik baja (f_s) diganti dengan beton tarik ekivalen (f_{bt}). Untuk mendapatkan luas transformasi ada dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Agar dapat berada dalam keseimbangan jumlah tarik bernilai tetap, digunakan persamaan :

$$A_s f_s = A_{bt} f_{bt} \quad (2-4)$$

dimana : A_s = Luas penampang baja

f_s = Tegangan tarik baja

A_{bt} = luas beton ekivalen

f_{bt} = Tegangan tarik beton ekivalen

2. Agar tercapai kesesuaian deformasi maka satuan regangan terpanjang bernilai tetap sehingga :

$$\frac{f_s}{E_s} = \frac{f_{bt}}{E_{bt}} \quad (2-5)$$

dimana : f_{bt} = Tegangan tarik beton ekivalen

f_s = Tegangan tarik baja

E_{bt} = Modulus Elastis Beton

E_s = Modulus Elastis Baja

Maka dalam hal ini beton bertulang dianggap, diganti, dan diperlakukan sebagai penampang dari satu macam bahan saja, yaitu beton ekivalen di daerah tarik beton ekivalen mengambil alih tugas menahan tarikan (Dipohusodo I, 1999)

2.10 Hipotesis Penelitian

Setelah mempelajari materi dari tinjauan pustaka serta memahami permasalahan-permasalahan yang akan ditemukan dalam proses penelitian, maka dapat diambil hipotesis sebagai berikut :

1. Diduga terdapat prosentase selisih pembacaan antara hasil eksperimen terhadap analisis teoritis pada momen, defleksi, dan regangan akibat posisi dan besarnya beban pada balok melintang jembatan komposit.
2. Diduga terdapat perbandingan antara momen lapangan yang terjadi jika dibandingkan dengan tumpuan jepit-jepit dan sendi-sendi.