

KAJIAN KOMPONEN GANDAMARU SEBAGAI PENGHUBUNG GESER BALOK PENDAPA

Prasetya Adi

Staf Pengajar, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Jl. Tentara
Rakyat Mataram 57 Yogyakarta Telp/Fax : (0274) 543676 : pras_atiek@yahoo.com

ABSTRACT

*P*endopo was one of Javanese traditional building. One of structural component was timber beam, in Javanese it called blandar. Blandar cross section generally attached in horizontal position, it less favorable because small moment of inertia developed. Blandar generally consist three beams are called blandar utama, blandar lar-laran and blandar tumpang. In Javanese traditional structure, blandar lar-laran and blandar utama connected by shear connector called gandamaru.

Bangsas Kepatihan Yogyakarta was used for this research. Total rehabilitation and strengthening of this building show that several beams not use gandamaru as shear connector. Gandamaru not attached or not optimally work because it damage. Several beam had large deflection because of age factor, loading, large span and gandamaru not optimally work.

Gandamaru can used for shear connector so blandar fully connected and has completely composite behavior. Large moment of inertia developed by composite behavior can increase beam strength and reduce

Keyword : blandar, gandamaru, shear connector

PENDAHULUAN

Pendopo adalah salah satu jenis bangunan tradisional Jawa. Struktur bangunan pendopo seluruhnya terbuat dari kayu kecuali bagian umpak atau fondasi yang menggunakan batu kali sejenis yang dipergunakan untuk candi. Sistem sambungan kayu menggunakan lubang, purus, takikan serta pasak. Rangka atap pendopo tidak menggunakan kuda-kuda melainkan dengan balok (blandar) sebagai komponen horisontal dan ander sebagai komponen vertikal.

Banyak bangunan pendopo yang sudah tua sehingga harus dipelihara dengan baik karena merupakan benda cagar budaya (BCB). Bangsal Kepatihan yang dibangun pada masa Hamengku Buwono I masuk dalam BCB. Bangsal Kepatihan mengalami pemugaran besar pada tahun 2012. Pemugaran diutamakan mengatasi balok-balok yang melengkung. Balok (blandar) pada pendopo umumnya dipasang dalam

posisi mendatar (lebar balok dipasang arah vertikal, tinggi balok dipasang horisontal). Pemasangan dengan cara seperti ini tidak menguntungkan dari sisi struktur karena inersia balok yang kecil. Kondisi ini selain mengurangi kekuatan balok juga kekakuan balok. Kekakuan balok yang kecil dapat meningkatkan kelengkungan balok akibat beban.

Blandar yang terdapat pada bangunan pendopo tidak hanya terdiri dari satu balok melainkan terdiri dari blandar utama dan blandar tumpang (blandar lar-laran). Antara blandar utama dan blandar lar-laran seharusnya disatukan dengan menggunakan komponen yang disebut gandamaru. Pembongkaran Bangsal Kepatihan menunjukkan beberapa balok tidak dipasang gandamaru atau gandamaru tidak berfungsi dengan baik karena keropos.

Mengingat permasalahan tersebut diatas, maka dapat diambil rumusan

masalah yaitu seberapa jauh efektifitas gandamaru sebagai penghubung geser untuk menyatukan blandar utama dan blandar tumpang sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan balok.

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

- a. Lokasi penelitian adalah di Bangsal Kepatihan Yogyakarta.
- b. Kajian didasarkan pada kondisi struktur di lapangan
- c. Kondisi material diasumsikan baik

Secara umum komponen struktur bangunan terdiri dari elemen dengan dominasi beban aksial dan dominasi beban lentur. Beban aksial adalah beban yang bekerja searah dengan sumbu batang, sedangkan beban lentur adalah beban yang menyebabkan terjadinya momen. Beban lentur umumnya terjadi akibat beban yang arahnya tegak lurus sumbu batang.

Balok adalah komponen struktur yang memberikan gaya perlawanan secara lateral dan arah transversal terhadap sumbunya (Popov, 1984).

Rumah merupakan manifestasi dari kesatuan makrokosmos dan mikrokosmos serta pandangan hidup masyarakat Jawa. Pembagian ruangan pada bangunan Jawa didasarkan atas klasifikasi simbolik yang diantaranya berdasarkan dua dua kategori yang berlawanan atau saling melengkapi yang oleh Tjahjono dalam Bisatya (2008) disebut sebagai dualitas (*duality*). Selain itu ada pemusatan (*centralitas*) dalam tata ruang bangunan.

Bangunan Tradisional Jawa menurut Dakung dalam Bisatya (2008) dibedakan menjadi lima klasifikasi menurut bentuk atapnya, yaitu: atap Panggang Pe, atap Kampung, atap Limasan, Atap Joglo dan atap Tajug. Dari klasifikasi tersebut terdapat hirarki kesempurnaan atau keutamaan dilihat dari kompleksitas strukturnya, teknik pengerjaannya, jumlah material bangunan, biaya serta tenaga yang digunakan. Menurut Tjahjono dalam Agung (1996) perbedaan bentuk pada rumah Jawa menunjukkan status sosial, sedangkan persamaan dalam susunan ruang menandakan adanya pandangan hidup yang diwujudkan melalui aturan-aturan dalam kehidupan rumah tangga.

Balok komposit adalah balok yang disusun lebih dari satu bahan. Analisis balok dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan balok tunggal karena adanya anggapan bahwa bentuk penampang sebelum dan sesudah terjadi lenturan tetap sama (Gere, 1984).

Menurut Segui, 1994, balok menjadi komposit jika terjadi koneksi antar balok penyusun sehingga keduanya menjadi satu kesatuan. Perilaku komposit terjadi bila geser arah horisontal dicegah dengan memasang suatu komponen yang disebut dengan penghubung geser (*shear connector*).



Gambar 1. Bentuk kelengkungan balok non komposit

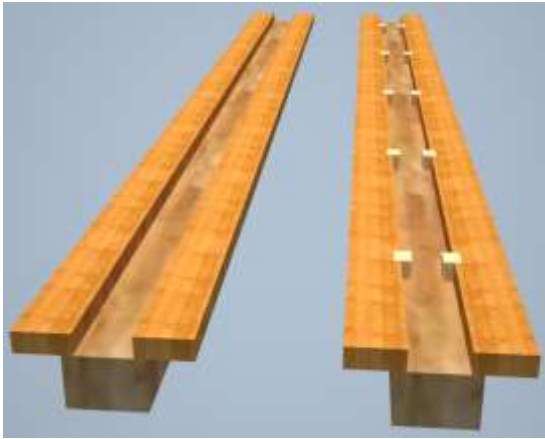
Gambar 1. menunjukkan bentuk kelengkungan balok non komposit, terlihat terjadi pergeseran antara balok penyusunnya. Hal itu ditunjukkan dengan adanya perubahan bentuk penampang pada ujung balok.



Gambar 2. Bentuk kelengkungan balok komposit

Gambar 2 menunjukkan bentuk kelengkungan balok komposit, terlihat tidak terjadi pergeseran antara balok penyusunnya. Ujung balok memiliki bentuk penampang yang sama sebelum dan sesudah terjadi kelengkungan. Perilaku tersebut terjadi jika antar balok penyusun dihubungkan dengan penghubung geser yang mencukupi.

Gandamaru sebagai suatu komponen yang diletakkan diantara balok-balok penyusun diharapkan mampu berperilaku sebagai penghubung geser yang mampu menyatukan balok penyusun menjadi satu kesatuan. Gambar 3 menunjukkan balok penyusun yang disatukan dengan komponen gandamaru.



Gambar 3. Balok komposit dibentuk dengan gandamaru

Gandamaru adalah balok kayu berukuran sekitar 6 cm x 10 cm yang dipasang diantara balok penyusun dengan menggunakan lubang takikan. Bentuk detail komponen gandamaru dapat dilihat di gambar 4.



Gambar 4. Detail gandamaru



Gambar 5. Gandamaru yang terpasang pada balok tumpangsari



Gambar 6. Gandamaru yang tidak terpasang pada balok tumpangsari



Gambar 7. Gandamaru yang tidak berfungsi dengan baik (dimensi kecil)

Banyak bangunan Jawa mengandalkan kekuatan lentur kayu sebagai penahan beban. Bangunan tradisional Jawa tidak mengenal sistem struktur rangka batang. Akibatnya sering terjadi lenturan yang berlebihan akibat bentang yang panjang maupun beban yang berat. Balok yang digunakan berukuran besar namun diletakkan dalam posisi mendatar, atau tersusun tetapi tanpa komponen penyatu, akibatnya balok tidak berfungsi optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji penggunaan gandamaru sebagai penghubung geser yang berfungsi sebagai penyatu balok. Posisi balok yang dipasang dalam posisi mendatar yang tidak menguntungkan dari sisi inersia penampang diatasi dengan cara menyatukan dengan balok lar-laran.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi tentang manfaat gandamaru sebagai

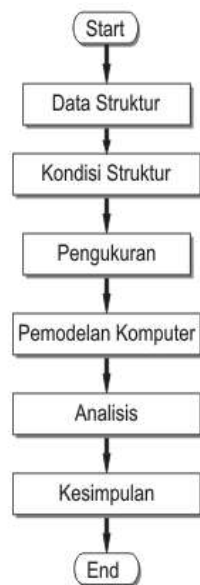
komponen struktur. Gandamaru walaupun hanya berukuran kecil tetap harus disertakan dalam struktur balok sebagai penghubung geser. Penghubung geser selain menggunakan gandamaru juga dapat dilakukan dengan profil baja L, namun ditinjau dari sisi filosofi bangunan tradisional Jawa hal itu menjadi kurang sesuai. Bangunan Jawa sedikit atau bahkan tidak menggunakan komponen logam untuk menyatukan komponen struktur, semua dilakukan dengan sistem takikan dan pasak.

METODA PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada blandar Pendopo Bangsal Kepatihan Yogyakarta yang terletak di Jalan Malioboro. Blandar yang diteliti adalah blandar yang menghubungkan antar soko penanggap, karena memiliki bentang besar dan menerima beban langsung dari atap, yaitu menyangga usuk.

Penelitian dilakukan dengan cara mengamati blandar eksisting. Pengukuran langsung pada bangunan eksisting meliputi pengukuran dimensi bangunan, serta dimensi komponen struktur.

Pemodelan dilakukan dengan membandingkan antara balok berdiri sendiri dan balok yang disatukan dengan gandamaru membentuk satu kesatuan. Analisis juga dilakukan pada penampang dan jarak antar gandamaru untuk memastikan kekuatan geser yang dapat disediakan.



Gambar 8. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut hasil pengamatan, sistem struktur balok Pendopo Bangsal Kepatihan menggunakan 4 balok yaitu blandar utama, blandar lar-laran dan blandar tumpang. Sebagian balok sudah menggunakan gandamaru namun ada beberapa balok yang tanpa gandamaru atau gandamaru sudah tidak berfungsi dengan baik karena keropos. Gandamaru berfungsi menyatukan blandar utama dan blandar lar-laran, sedangkan balok tumpang tidak disatukan. Hal ini terjadi karena kesulitan pemasangan komponen gandamaru. Jika akan disatukan masih memungkinkan untuk menggunakan alat sambung moderen seperti profil baja siku (L) yang dihubungkan menggunakan baut.

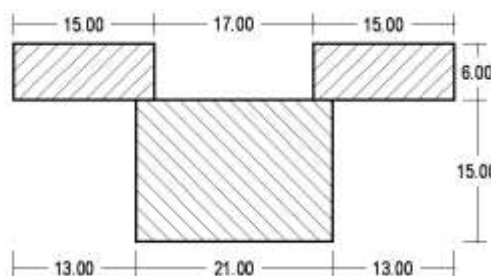
Bentang yang dianalisis adalah bentang antar blandar penanggap sepanjang 5,5 m. Blandar ini terdiri dari 3 komponen struktural yaitu blandar utama dengan ukuran lebar 21 cm dan tinggi 15 cm. Di atas blandar utama terletak blandar lar-laran sejumlah 2 buah dengan lebar 15 cm dan tinggi 6 cm. Blandar lar-laran terletak di atas blandar utama dengan tumpuan selebar 2 cm. Blandar tersebut disangga oleh 2 saka penaggap dengan sistem tumpuan sendi dan rol. Di atas ketiga blandar menumpu balok tumpang dengan lebar 20 cm dan tinggi 15 cm, namun terkadang balok tersebut tidak utuh sehingga tidak dapat dimasukkan sebagai penyangga dan lebih berfungsi sebagai perata beban yang berasal dari usuk.

Struktur Pendopo Bangsal Kepatihan terbuat dari kayu jati. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961 menyebutkan bahwa kayu Jati termasuk kayu kelas kuat II dan kelas awet I. Menurut Lembaga Penelitian Hasil Hutan Indonesia, kelas awet kayu digolongkan menjadi 5 yaitu :

Tabel 1. Kondisi keawetan kayu

Kelas Awet	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 thn	5 thn	3 thn	Sangat pendek	Sangat pendek
Hanya terbuka terhadap angin dan iklim tetapi dilindungi thd pemasukan air dan kelemasan	20 thn	15 thn	10 thn	Beberapa tahun	Sangat pendek
Dibawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelengasan	Tak terbatas	Tak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Sangat pendek
Seperti di atas tetapi dipelihara dengan baik, dicat dan sebagainya	Tak terbatas	Tak terbatas	Tak terbatas	20 thn	20 thn
Serangan oleh rayap	tidak	jarang	Agak cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
Serangan oleh bubuk kayu kering	tidak	tidak	Hampir tidak	Tak seberapa	Sangat cepat

Struktur kayu Bangunan Bangsal Kepatihan termasuk kategori “di bawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelengasan, dipelihara dengan baik dan di cat” sehingga secara teori bangunan memiliki umur tak terbatas.



Gambar 9. Potongan melintang blandar utama dan blandar lar-laran

Jika tidak disatukan maka penampang tersebut mempunyai properti sebagai berikut :

$$\text{Luas penampang} = 2 \times 15 \times 6 + 15 \times 21 = 495 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inersia} =$$

$$\frac{1}{12} \times 21 \times 15^3 + 2 \times \frac{1}{12} \times 15 \times 6^3 = 6,446 \times 10^3 \text{ cm}^4$$

Jika penampang disatukan menjadi satu kesatuan dan tidak terjadi pergeseran diantara kedua penampang maka properti penampang akan berubah menjadi :

$$\text{Luas penampang} = 2 \times 15 \times 6 + 15 \times 21 = 495 \text{ cm}^2 \text{ (tetap)}$$

Perhitungan pusat berat dan inersia penampang gabungan dijabarkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan inersia penampang

Penampang	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	I _o (cm ⁴)	Y (cm)	A x y (cm ³)	h (cm)	I (cm)
Lar-laran	15	6	90	270.00	22.50	2025.00	7.64	5518.26
Lar-laran	15	6	90	270.00	22.50	2025.00	7.64	5518.26
Utama	21	15	315	5906.25	10.50	3307.50	-4.36	11904.27
			495			7357.50		22940.80

Pusat berat balok gabungan diukur dari sisi bawah balok :

$$y_b = \frac{7357,50}{495} = 14,864 \text{ cm}$$

Jika diukur dari sisi atas balok :

$$y_a = 15 + 6 - 14,864 = 6,136 \text{ cm}$$

Inersia balok gabungan sebesar $22,94 \times 10^3 \text{ cm}^4$. Jika dibandingkan antara

inersia balok gabungan dan balok tanpa digabung :

$$\frac{22940,80}{6446} = 3,559$$

Berarti inersia penampang balok gabungan lebih besar 3,559 kali lebih besar, sehingga secara umum balok tersebut memiliki kekakuan sebesar 3,559 kali. Besarnya inersia penampang tersebut dapat dicapai bila balok dihubungkan sempurna atau gandamaru memiliki kekuatan yang mencukupi untuk menggabungkan balok.

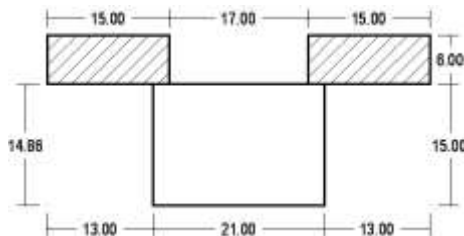
Untuk memastikan perilaku tersebut dapat dicapai, maka harus di desain kekuatan geser melebihi kekuatan lentur kayu atau dengan kata lain gandamaru tidak boleh gagal sebelum kekuatan lentur kayu terlampaui. Perhitungan kekuatan lentur kayu didasarkan pada tegangan lentur ijin kayu jati sebesar 100 kg/cm².

$$M_{kap} = \frac{100 \times 22940,80}{14,864} = 1,543 \times 10^5 \text{ kgcm}$$

atau 1543 kgm

Dengan kapasitas momen lentur 1543 kgm dan bentang balok 5,5 m maka gaya geser yang terjadi akibat kapasitas momen sebesar :

$$V = \frac{M}{L} = \frac{1543}{5,5} = 280,621 \text{ kg}$$



Gambar 10. Penampang untuk perhitungan geser

Gaya geser antara balok lar-laran dan balok utama dihitung dengan persamaan gaya geser yaitu :

$$f = \frac{V \cdot Q}{I}$$

Dengan

f = gaya geser per meter panjang

V = gaya geser (280,621 kg)

Q = statis momen terhadap garis netral (564,545 cm⁴)

I = inersia penampang (22940,80cm⁴)

$$f = \frac{V \cdot Q}{I} = \frac{280,621 \times 564,545}{22940,80} =$$

690,576 kg/m

Gaya geser yang terjadi tiap meter tersebut ditahan oleh 2 buah gandamaru dengan menggunakan kayu berukuran lebar 5 cm dan tinggi 7 cm. Tegangan geser yang terjadi pada gandamaru sebesar :

$$\tau = \frac{690,576}{2 \times 5 \times 7} = 9,865 \text{ kg/cm}^2$$

Jika digunakan kayu jati dengan tegangan geser ijin 20 kg/cm², maka gandamaru tersebut telah memenuhi kekuatan untuk membentuk blandar menjadi satu kesatuan. Tegangan geser yang dimaksud adalah tegangan geser searah serat, padahal gandamaru memiliki arah tegak lurus serat sehingga kuat geser yang dimiliki lebih besar.

KESIMPULAN

1. Pemasangan blandar dengan posisi mendatar tidak menguntungkan akibat inersia yang kecil.
2. Keberadaan blandar lar-laran tidak efektif jika tidak disatukan dengan blandar utama.
3. Gandamaru mempunyai kekuatan geser yang memadai untuk menjadikan balok utama dan balok lar-laran menjadi satu kesatuan.
4. Inersia yang diperoleh dengan menyatukan ketiga blandar tersebut lebih besar dibanding anggapan ketiga balok berdiri sendiri, yaitu sebesar 3,559 kali.

Daftar Pustaka

1. Bisatya W. Maer, (2008), Respon Pendopo Joglo Yogyakarta Terhadap Getaran Gempa Bumi, Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 36, No. 1, Juli 2008: 1 - 9
2. Departemen Pekerjaan Umum, (1961), Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung.
3. Departemen Pekerjaan Umum, (1987), Pedoman Perencanaan

- Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung SKBI-1.3.53.1987, Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan, Bandung.
4. Frick, H., (1994), Ilmu Konstruksi Bangunan, Kanisius, Yogyakarta
 5. Gere, J.M., Timoshenko, S.P., (1984), Mekanika Bahan, Erlangga, Jakarta.
 6. Popov, E.P., (1984), Mekanika Teknik, Erlangga, Jakarta.
 7. Segui, W.T., (1994), LRFD Steel Design, PWS Publishing Company, USA.
 8. Sardjono, Agung B, 1996, Rumah-rumah di Kota Lama Kudus, Tesis Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.