

LEBAR SAYAP BALOK T DAN BALOK L PADA PORTAL SIMETRIS DUA BENTANG

Syukri

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

ABSTRACT

This research conducted to evaluate effective length of L beam and T beam (L_{ef} and T_{ef}) to the length of X direction (L_x) and Y direction (L_y). Model of the structure evaluated was space frame portal by using global coordinate X-Y-Z. Analysis of structure use SAP2000 program version 7.40. The first model of structure is three dimension portal with fix relation between beam and column, monolith relation between beam and plate as shell structure. Result of this analysis taken as benchmark data. The second model of structure is three dimension portal with fix relation for each member (beam and column), T beam and L beam use for replacing the combination of beam-plate. Length of space were equal for L_x and L_y 4 to 10 m (increase step by 1 m). Result of this research obtained effective length of T beam (T_{ef}) = 31,5 cm for $L_x = L_y = 4$ M, and effective length of L beam (L_{ef}) influenced by L_x and L_y .

Keywords: effective length of L beam, three dimension portal, structure analysis.

PENDAHULUAN

Struktur gedung beton bertulang dengan sistem cetak ditempat dapat terdiri dari pelat lantai menerus yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan balok-balok penumpunya. Dengan cara demikian, sistem pelat secara keseluruhan menjadi satu kesatuan membentuk rangka struktur bangunan kaku statis tak tertentu yang sangat kompleks.

Perilaku masing-masing komponen struktur dipengaruhi oleh hubungan kaku dengan komponen lainnya. Beban tidak hanya mengakibatkan timbulnya momen, gaya geser, atau lendutan, langsung pada komponen struktur yang menahannya, tetapi komponen-komponen struktur lain yang berhubungan juga ikut berinteraksi karena hubungan kaku antar komponen.

Analisis dan perencanaan balok yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan pelat lantai, didasarkan pada anggapan bahwa antara pelat dengan balok-balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara pelat dan balok-balok yang menjadi satu kesatuan pada penampangnya membentuk huruf T dan huruf L tipikal, dan oleh karena itulah balok-balok dinamakan sebagai balok T dan balok L.

Analisis balok T dan balok L pada perhitungan struktur gedung sangat jarang dilakukan. Pelat lantai dianggap hanya sebagai beban yang dilimpahkan kepada balok persegi. Dalam hal ini, sumbangan kekakuan yang diberikan oleh pelat lantai terhadap kekakuan struktur seakan-akan tidak ada. Padahal, pelat lantai yang pengecorannya dilakukan secara monolit dengan balok ikut memberikan andil terhadap kekakuan struktur secara menyeluruh.

Untuk keperluan perencanaan dan analisis, serta penyederhanaan perilaku pelat terlentur pada dua arah yang rumit, standar SK SNI T-15-1991-03 [1] menetapkan kriteria lebar manfaat tertentu untuk pelat (*flens*) yang diperhitungkan bekerja sama dengan balok-balok dalam rangka menahan momen lentur yang bekerja pada balok. Lebar manfaat balok T yang diperhitungkan tidak lebih besar dan diambil nilai terkecil dari nilai-nilai berikut:

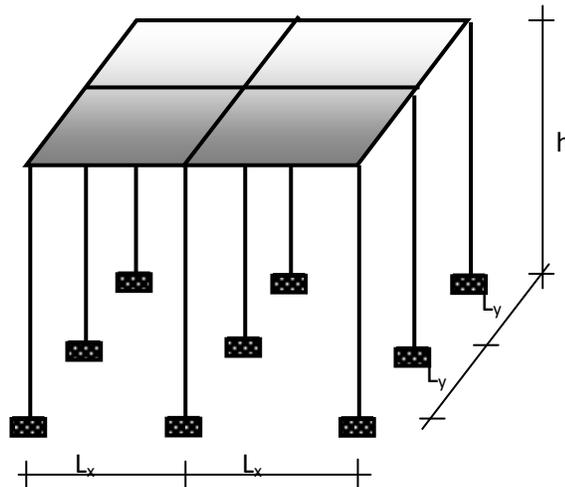
- seperempat panjang bentang balok,
- $b_w + 16.h_f$, dimana h_f adalah tebal pelat.
- jarak dari pusat ke pusat antar balok

Untuk balok yang hanya mempunyai flens pada satu sisi (balok L), lebar manfaat bagian pelat yang menonjol yang diperhitungkan tidak boleh lebih besar dari:

- 1/12 dari panjang bentangan balok,
- $6 \times h_f$, dimana h_f adalah tebal pelat,
- $\frac{1}{2}$ jarak bersih dengan balok di sebelahnya.

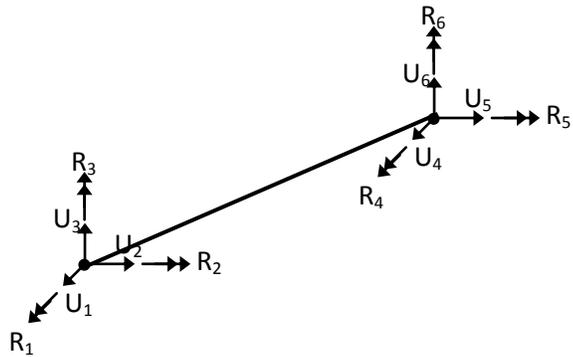
Begitu pula Pedoman Beton SNI 03-2847-2002 [2] dan ACI 318-1995 [3] telah memberikan batasan yang serupa. Sementara itu, menurut PBI 1971 [4], menghitung kekakuan balok menerus di dalam statika konstruksi, maka balok yang memikul pelat lantai yang bersatu dengan balok secara monolit, harus dianggap sebagai balok T atau balok L. Lebar manfaat (flens) untuk balok yang memikul pelat lantai pada satu pihak (balok L) adalah: $l_{Left} = 2,25.h_f + b_w$ dimana b_w adalah lebar badan balok.

Keragaman batasan yang diberikan dan pendekatan secara kasar terhadap pengambilan angka lebar manfaat balok L dan balok T, telah membuat penulis ingin meneliti lebih lanjut tentang perihal tersebut. Tujuannya adalah untuk melihat besarnya sumbangan kekakuan yang diberikan oleh balok T dan L terhadap struktur gedung. Dari hasil penelitian ini diperoleh hubungan antara lebar manfaat balok L (l_{Left}) dan Balok T (l_{Tef}) dengan panjang bentang.



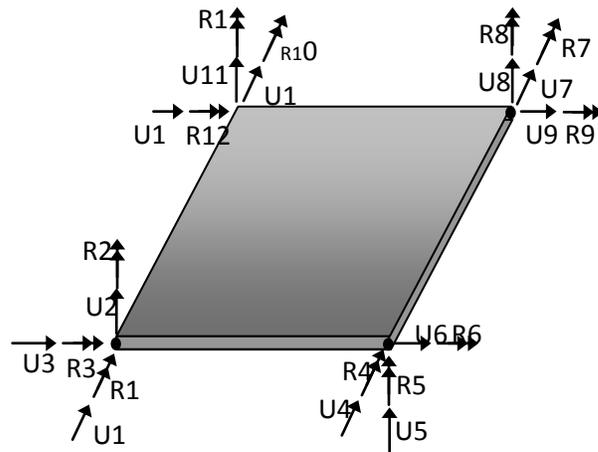
Gambar 1 Struktur Portal Sederhana

Struktur gedung beton bertulang yang elemen strukturnya terdiri atas kolom, balok dan pelat (Gambar 1) dapat dianalisis strukturnya dengan menggunakan gabungan antara elemen batang untuk kolom dan elemen shell untuk balok dan pelat. Untuk analisis portal ruang seperti Gbr. 1, diperlukan elemen batang (lih. Gbr. 2) dengan dua titik nodal dan 12 derajat kebebasan (*space frame element*).



Gambar 2 Elemen Batang

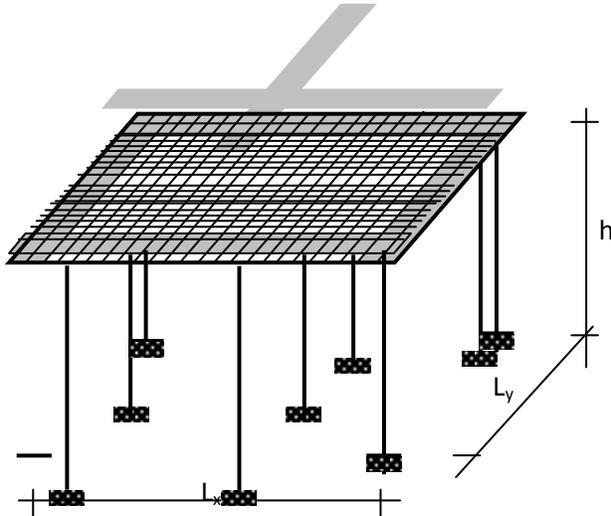
Untuk menganalisis balok dan pelat digunakan elemen shell (lih. Gbr. 3) dengan empat buah titik nodal, setiap titik nodalnya memiliki enam derajat kebebasan [6]. Sebagai alternatif, struktur pada Gambar 1 juga dapat dianalisis dengan cara yang lebih sederhana yaitu terdiri atas kolom dan balok-pelat yang kedua-duanya dimodelkan dengan elemen batang. Khusus balok-pelat, penampangnya dimodelkan dengan bentuk L dan bentuk T.



Gambar 3 Elemen Shell

METODE PENELITIAN

Pemodelan Struktur Benchmark

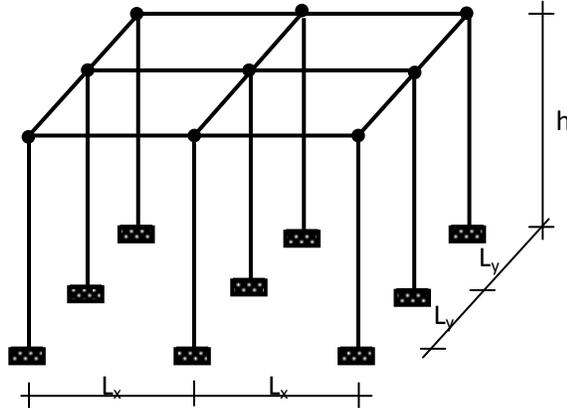


Gambar 4 Model FEM Benchmark

Model struktur *benchmark* adalah model yang dijadikan sebagai pembandingan. Model ini merupakan struktur portal ruang tiga dimensi dimana hubungan antara kolom dan balok adalah jepit, dan hubungan pelat dengan balok adalah monolit. Pelat dimodelkan dengan 10x10 elemen shell, sementara balok dimodelkan dengan 2 elemen shell arah memanjangnya sedangkan arah melintangnya mengikuti pola pelat (lih. Gbr. 4). Panjang bentang bervariasi antara 4 m sampai dengan 10 m dengan kenaikan 1 m. Ukuran kolom yang dipakai 40x40 cm², balok yang digunakan adalah balok persegi 30x50 cm² dan pelat dengan ketebalan 12 cm. Beban yang bekerja adalah beban terbagi rata. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program SAP2000.

Dari hasil proses analisis struktur untuk beban-beban yang bekerja pada struktur portal *benchmark* ini diperoleh momen, gaya aksial, gaya geser dan torsi pada tiap-tiap elemen. Hasil pengujian dengan simulasi program untuk struktur portal ini dapat dianggap mewakili kondisi yang sebenarnya, sehingga data-data output proses analisis struktur ini dijadikan sebagai *benchmark* (acuan pembandingan).

Pemodelan Struktur Portal Ruang



Gambar 5 Model FEM Portal Ruang

Selanjutnya dibuat struktur portal yang sama (Gambar 5), tetapi pelat lantai yang tadi diperhitungkan pada model struktur portal pertama (Gambar 4) digantikan dengan balok L dan balok T. Dengan cara *trial and error* dicari lebar manfaat balok L dan balok T sehingga output yang dihasilkan mendekati dengan output model benchmark.

Struktur portal yang dianalisis ini adalah portal simetris dua bentang, berupa elemen-elemen batang baik untuk kolom maupun untuk balok. Lebar bentang yang ditinjau bervariasi dari 4 s/d 10 meter ($L_x = L_y$) dengan perbedaan 1 meter dan tinggi tingkat adalah 4 meter. Beban yang bekerja adalah beban terbagi rata. Ukuran kolom yang digunakan adalah $40 \times 40 \text{ cm}^2$, balok yang digunakan berpenampang L dan T dengan lebar badan balok 30 cm, tinggi balok 50 cm, tebal sayap 12 cm, sedangkan lebar sayap ditentukan dengan cara coba-coba sampai diperoleh hasil mendekati dengan benchmark (momen ujung kolom). Asumsi-asumsi lain yang digunakan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat, yaitu hubungan sambungan pada setiap titik nodal diasumsikan jepit, dan kolom terjepit pada tumpuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perbandingan output analisis struktur diperoleh lebar manfaat balok L dan balok T seperti Tabel 1.

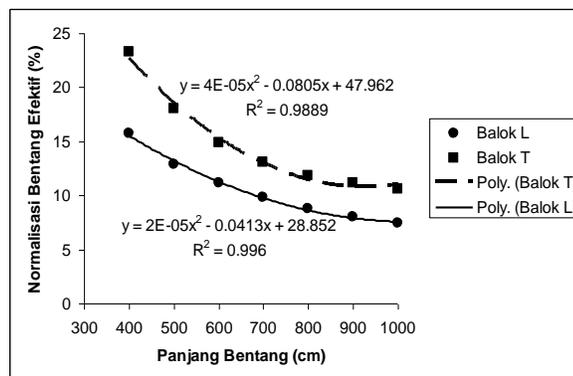
Tabel 1 Nilai L_{Lef} dan L_{Tef} hasil simulasi

| L (cm) | L_{Lef} (cm) | $(L_{Lef}/0.5L)$ x 100% | L_{Tef} (cm) | (L_{Tef}/L) x 100% |
|--------|-------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------|
| 400 | 31.50 | 15.750 | 93.00 | 23.25 |
| 500 | 32.30 | 12.920 | 90.00 | 18.00 |
| 600 | 33.50 | 11.167 | 89.30 | 14.88 |
| 700 | 34.30 | 9.800 | 91.50 | 13.07 |
| 800 | 35.00 | 8.750 | 95.00 | 11.88 |
| 900 | 36.20 | 8.044 | 100.50 | 11.17 |
| 1000 | 37.00 | 7.400 | 105.80 | 10.58 |

Analisis regresi polinomial berganda yang dilakukan terhadap data hasil penelitian diperoleh persamaan :

$$(L_{Lef}/0.005L) = 2e-5L^2 - 0.0413L + 28.852 \quad \dots (1)$$

$$(L_{Tef}/0.01L) = 4e-5L^2 - 0.0805L + 47.962 \quad \dots (2)$$



Gambar 6. Hubungan Normalisasi Panjang Bentang Efektif dan Panjang Bentang L

Keterangan:

l_{Lef} = lebar manfaat balok L

l_{Tef} = lebar manfaat balok T

L = panjang bentang

Lebar manfaat l_{Lef} paling kecil yaitu 31.5 cm diperoleh pada L sama dengan 4 m dan l_{Tef} paling kecil sebesar 89.3 cm diperoleh pada L sama dengan 6 m, sementara nilai maksimum l_{Lef} dan l_{Tef} yaitu 37.0 cm dan 105.8 cm diperoleh pada panjang bentang 10 m. Dari grafik Gambar 6 terlihat bahwa normalisasi panjang bentang menunjukkan kecenderungan menurun seiring dengan pertambahan panjang bentang. Hal ini berbeda dengan yang disarankan oleh code [1-4] dimana nilainya bergantung kepada panjang bentang ($1/12 L$).

KESIMPULAN

Telah dilakukan suatu simulasi untuk memperoleh lebar manfaat balok L dan T dari portal tiga dimensi simetris dua bentang dan telah dihasilkan tabel hubungan lebar manfaat balok L dan T terhadap panjang bentang. Regresi terhadap data dari tabel tersebut diperoleh persamaan polinomial orde dua, seperti Persamaan (1) dan (2)

Persamaan tersebut cukup akurat digunakan untuk memprediksi lebar manfaat balok L dan T pada portal simetris dua bentang, tetapi hanya berlaku untuk portal sebagaimana batasan-batasan yang diberikan dalam penelitian. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap portal yang bentuknya lebih umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SKSNI T-15-1991-03, 1991.
- Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, 2002.
- ACI Committee 318, *Building Code for Structural Concrete and Commentary (ACI-318-95)*, Farmington Hills, 1995.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, N.I.-2, 1971.
- A. Kassimali, *Matrix Analysis of Structures*, Brooks/Colt Publishing Company, 1999.
- Computers and Structures, Inc., *SAP2000*, Version 7.4, Integrated Structural Analysis and Design Software, Berkeley, CA, 2000.