

ANALISIS LEBAR SAYAP BALOK L PADA PORTAL SEDERHANA

Syukri

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lebar manfaat dari balok L (lef) terhadap panjang bentang arah sumbu-x (L_x) dan arah sumbu-y (L_y). Model struktur portal yang ditinjau adalah portal rangka ruang dengan menggunakan sistem koordinat global X-Y-Z. Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program SAP2000 versi 7.40. Model struktur pertama berupa portal tiga dimensi dimana hubungan antara kolom dan balok adalah jepit, hubungan balok dan pelat adalah monolit dan bekerja sebagai struktur shell. Hasil analisis dari portal ini menjadi benchmark. Model struktur kedua adalah portal ruang dimana hubungan antara masing-masing batang (kolom dan balok) adalah jepit, balok L berfungsi menggantikan kombinasi balok dan pelat lantai. Panjang bentang portal yang ditinjau masing-masing adalah L_x dan L_y dengan variasi 4 m s/d 10 m (kenaikan 1 m). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa lebar manfaat balok L (lef) dipengaruhi oleh L_x dan L_y .

Kata-kata kunci: lebar manfaat balok L, portal tiga dimensi, analisis struktur.

ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the effective length of L (Lef) 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 software used was 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), L beam use for replacing the combination of beam-plate. Length of space for L_x and L_y 4 to 10 m (increase step by 1 m). The result of this research obtained effective length of L beam (Lef) 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 plat lantai menerus yang dicetak menjadi satu kesatuan monolit dengan balok-balok penumpunya. Dengan cara demikian, sistem plat 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 plat lantai, didasarkan pada anggapan bahwa antara plat dengan balok-balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara plat dan balok-balok yang menjadi satu kesatuan pada penampangnya membentuk huruf T tipikal dan huruf L, dan oleh karena itulah balok-balok dinamakan sebagai balok T dan balok L.

Analisa balok T dan balok L pada perhitungan struktur gedung sangat jarang dilakukan. Plat lantai dianggap hanya sebagai beban yang dilimpahkan kepada balok persegi. Dalam hal ini, sumbangan kekakuan yang diberikan oleh plat lantai terhadap kekakuan struktur seakan-

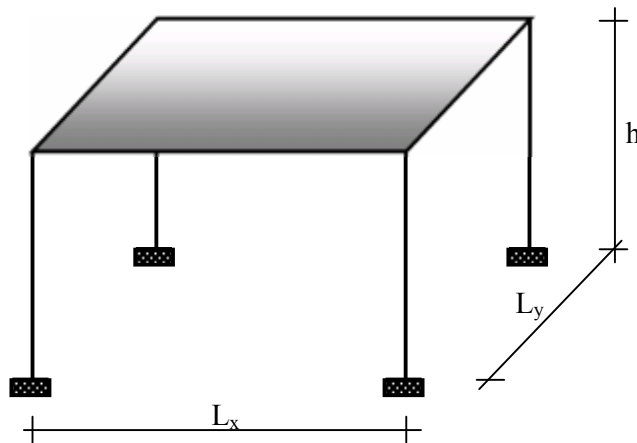
akan tidak ada. Padahal, plat lantai yang pengecorannya dilakukan secara monolit dengan balok ikut memberikan andil terhadap kekakuan struktur secara menyeluruh.

Untuk keperluan perencanaan dan analisis, serta penyederhanaan perilaku plat terlentur pada dua arah yang rumit, standar SK SNI T-15-1991-03 [1] menetapkan kriteria lebar manfaat tertentu untuk plat (*flens*) yang diperhitungkan bekerja sama dengan balok-balok dalam rangka menahan momen lentur yang bekerja pada balok. Untuk balok yang hanya mempunyai flens pada satu sisi, lebar manfaat bagian plat yang menonjol yang diperhitungkan tidak boleh lebih besar dari :

- 1/12 dari panjang bentangan balok,
- $6 \times h_f$, dimana h_f adalah tebal plat,
- $\frac{1}{2}$ 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: $l_{ef} = 2,25 \cdot h_f + b_w$ dimana b_w adalah lebar badan balok.

Keanekaragaman batasan yang diberikan dan pendekatan secara kasar terhadap pengambilan angka lebar manfaat balok L, telah membuat penulis ingin meneliti lebih lanjut tentang perihal tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat besarnya sumbangan kekakuan yang diberikan oleh balok L terhadap struktur gedung. Dari hasil penelitian ini diperoleh hubungan antara lebar manfaat balok L (l_{ef}) dengan panjang bentang baik L_x maupun L_y .



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 anatara elemen batang untuk kolom dan elemen shell untuk balok dan pelat. Untuk analisis portal ruang seperti Gbr. 1, diperlukan elemen batang dengan dua titik nodal dan 12 derajat kebebasan (space frame element). Kekakuan elemennya dapat diekspresikan dengan persamaan berikut ini [5].

$$\mathbf{K}_e = \mathbf{T}^T \mathbf{K}'_e \mathbf{T} \quad (1)$$

Keterangan:

\mathbf{K}_e = Matrik Kekakuan Elemen Global

\mathbf{T} = Matrik Transformasi

\mathbf{K}'_e = Matrik Kekakuan Elemen Lokal

$$\mathbf{K}'_e = \frac{E}{L^3} \begin{bmatrix} AE & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -AE & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 12I_z & 0 & 0 & 0 & 6LI_z & 0 & -12I_z & 0 & 0 & 0 & 0 & 6LI_z \\ & 12I_y & 0 & 6LI_y & 0 & 0 & 0 & -12I_y & 0 & -6LI_y & 0 & 0 \\ & & \frac{GJ\tilde{L}}{E} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ\tilde{L}}{E} & 0 & 0 & 0 \\ & & & 4\tilde{L}^2 I_y & 0 & 0 & 0 & 6LI_y & 0 & 2\tilde{L}^2 I_y & 0 & 0 \\ & & & & 4\tilde{L}^2 I_z & 0 & -6LI_z & 0 & 0 & 0 & 2\tilde{L}^2 I_z & 0 \\ & & & & & AE & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & 12I_z & 0 & 0 & 0 & -6LI_z & 0 \\ & & & & & & & 12I_y & 0 & 0 & 6LI_y & 0 \\ & & & & & & & & \frac{GJ\tilde{L}}{E} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & & & & 4\tilde{L}^2 I_y & 0 & 0 \\ & & & & & & & & & & 4\tilde{L}^2 I_z & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Simetris

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{R} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{R} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{R} \end{bmatrix} \quad (3)$$

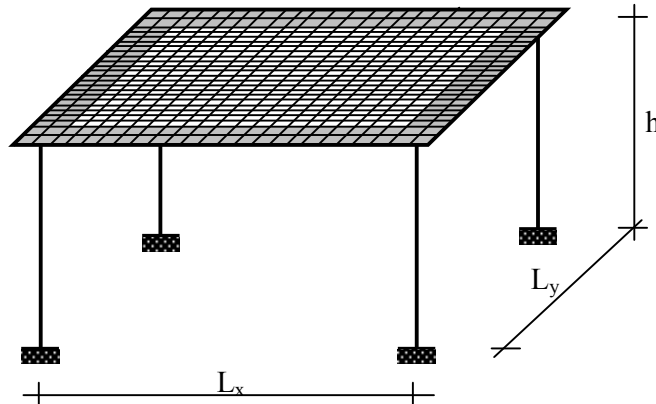
$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{xX} & \cos \theta_{xY} & \cos \theta_{xZ} \\ \cos \theta_{yX} & \cos \theta_{yY} & \cos \theta_{yZ} \\ \cos \theta_{zX} & \cos \theta_{zY} & \cos \theta_{zZ} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Untuk menganalisis balok dan plat digunakan elemen shell 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.

METODE PENELITIAN

Pemodelan Struktur Benchmark

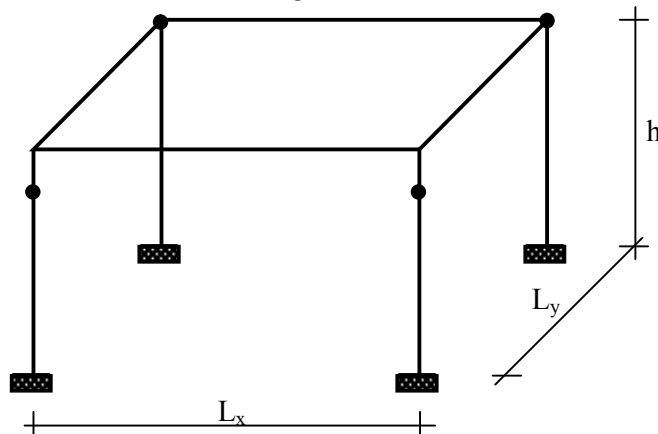


Gambar 2 Model FEM Benchmark

Model struktur *benchmark* adalah model yang dijadikan sebagai pembandingan. Model ini merupakan struktur portal ruang tiga dimensi dimana hubungan antara masing-masing rangka batang adalah jepit, diafragma lantai dianggap kaku dalam bidangnya dan hubungan plat dengan balok adalah monolit. 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.

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 (pembandingan).

Pemodelan Struktur Portal Ruang



Gambar 3. Model FEM Portal Ruang

Selanjutnya dibuat struktur portal yang sama (Gambar 3) tetapi plat lantai yang tadi kaku dibidangnya pada model struktur portal pertama (Gambar 2) digantikan dengan balok L. Dengan cara *trial and error* dicari lebar manfaat balok L sehingga output yang dihasilkan mendekati dengan output model benchmark.

Model struktur beton yang ditinjau adalah portal rangka ruang. Model struktur menggunakan sistem koordinat global X-Y-Z. Untuk menggambarkan model struktur diperlukan suatu asumsi dasar dalam menentukan letak model struktur dalam sistem koordinat, yaitu : sumbu X merupakan arah memanjang dari struktur portal, sumbu Y merupakan arah melintang struktur portal dan sumbu Z adalah tinggi dari struktur portal.

Struktur portal yang dianalisis adalah portal sederhana, berupa elemen-elemen batang baik untuk kolom maupun untuk balok. Lebar bentang (L_x dan L_y) yang ditinjau bervariasi dari 4 s/d 10 meter dengan perbedaan 1 meter dan tinggi tingkat adalah 3 meter. Beban yang bekerja adalah beban terbagi rata. Ukuran kolom yang digunakan adalah 40x40 cm², balok yang digunakan berpenampang L 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

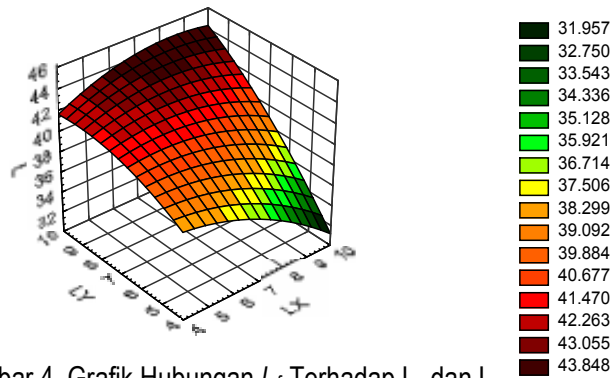
Analisis regresi polinomial berganda yang dilakukan terhadap data hasil penelitian diperoleh persamaan:

$$l_{ef} = 34.42 - 0.22 L_x + 1.249 L_y - 0.151 L_x^2 + 0.277 L_x L_y - 0.131 L_y^2 \quad (5)$$

Keterangan:

- l_{ef} = lebar manfaat balok L dalam sumbu X,
- L_x = panjang bentang dalam sumbu X, dan
- L_y = panjang bentang dalam sumbu Y.

Lebar manfaat (l_{ef}) paling kecil yaitu 32.0 cm diperoleh pada L_x dan L_y masing-masing 10 m dan 4 m, sementara nilai maksimumnya yaitu 43.9 cm diperoleh pada panjang bentang L_x dan L_y masing-masing 10 m. Dari grafik Gambar 4 terlihat bahwa dengan adanya penambahan panjang L_x , maka lebar manfaat balok L akan menjadi kecil. Hal ini berlawanan dengan yang disarankan oleh code [1-4] dimana nilainya bergantung kepada panjang bentang L_x ($1/12 L_x$). Disamping itu, lebar manfaat balok L akan bertambah besar seiring dengan penambahan panjang L_y , namun tidak sebesar seperti yang disarankan oleh code yaitu setengah jarak bersih ke balok di sebelahnya.



Gambar 4. Grafik Hubungan l_{ef} Terhadap L_x dan L_y

KESIMPULAN

Telah dilakukan suatu simulasi untuk memperoleh lebar manfaat balok L dari portal tiga dimensi sederhana dan telah dihasilkan tabel hubungan lebar manfaat balok L terhadap L_x dan L_y . Regresi terhadap data dari tabel tersebut diperoleh sebuah persamaan polinomial orde dua dengan dua variabel sebagai berikut :

$$l_{ef} = 34.42 - 0.22 L_x + 1.249 L_y - 0.151 L_x^2 + 0.277 L_x L_y - 0.131 L_y^2$$

Persamaan ini cukup akurat digunakan untuk memprediksi lebar manfaat balok L namun hanya berlaku untuk portal sederhana. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap portal yang lebih umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum SKSNI T-15-1991-03
- Anonim, 2002, *Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Standar Nasional Indonesia SNI 03-2847-2002
- Anonymous, *Building Code for Structural Concrete and Commentary (ACI-318-95)*, ACI Committee 318, Farmington Hills
- Anonim, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, N.I.-2
- Anonymous, 2000, *SAP2000, Version 7.4, Integrated Structural Analysis and Design Software*, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA
- Kassimali A., *Matrixs Analisis of Structures*, Brooks/Colt Publishing Company, 1999.