

REDISTRIBUSI MOMEN PADA BALOK KOMPOSIT MENERUS DENGAN MEMPERHATIKAN PENGARUH MOMEN INERSIA NEGATIF

Handoko Sugiharto, Hasan Santoso

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

Stefanus B. Liangkey, Sentoso Palekahelu

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Pada perencanaan balok komposit menerus secara elastis momen enersia sepanjang balok dianggap sama, sehingga momen negatif yang terjadi di daerah tumpuan lebih besar daripada momen positif yang terjadi di lapangan. Hal ini tidak menguntungkan karena kontribusi pelat beton pada daerah momen negatif tidak dapat diperhitungkan. Salah satu alternatif untuk memperoleh desain yang lebih menguntungkan dilakukan dengan redistribusi momen dari daerah tumpuan ke daerah lapangan. Makalah ini dengan memperhatikan pengaruh momen inersia negatif terhadap redistribusi momen, menunjukkan bahwa besar redistribusi momen yang dapat dilakukan dipengaruhi oleh rasio momen ultimate positif yang terjadi sebelum redistribusi (M_u+) terhadap kapasitas momen lentur positif penampang (M_{kap+}). Makin kecil rasio (M_u+/M_{kap+}) makin besar redistribusi yang dapat dilakukan. Tulisan ini juga menyajikan alat bantu berupa grafik untuk menentukan besarnya redistribusi momen.

Kata kunci: redistribusi momen, balok komposit.

ABSTRACT

Elastic analysis of continuos composite beams, assumes constant second moment of area constant over the length of the beam, giving hogging moment at internal supports higher than sagging moment at midspan. This certainly is not favorable because the contribution of concrete slab should be ignored in calculating moment resistance at the internal support. Where elastic analysis is used, alternative economic design is achieved with redistribution of moments from the internal support to the midspan. This paper considering the influence of negative moment inertia to moment redistribution shows that moment redistribution is influenced by the ratio of ultimate positive bending moment to positive bending moment capacity (M_u+/M_{kap+}). The smaller the ratio (M_u+/M_{kap+}) the bigger the allowed moment redistribution. Some graphs to calculate the amount of moment redistribution that can be allowed are also presented.

Keywords: moment redistribution, composite beams.

PENDAHULUAN

Perencanaan balok komposit menerus dengan analisa elastis seringkali dilakukan dengan mengasumsikan nilai momen inersia adalah sama sepanjang bentang balok dimana nilai momen inersia positif dapat diambil sebagai nilai yang berlaku sepanjang bentang balok [1].
Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 November 2001. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 4, Nomor 1 Maret 2002.

ambil nilai momen inersia sama sepanjang bentang balok akan menghasilkan momen negatif yang lebih besar daripada momen positif.

Pada kenyataannya, nilai momen inersia tidak homogen sepanjang bentang balok. Hal ini disebabkan karena kekuatan tarik beton yang sangat lemah, sehingga kontribusi pelat beton diabaikan pada daerah tumpuan (momen negatif). Karena diabaikannya pelat beton pada daerah tumpuan maka besarnya momen inersia pada daerah tumpuan akan lebih kecil daripada

pada daerah lapangan. Pengaruh nilai momen inersia ini akan menyebabkan terjadinya redistribusi momen dari daerah tumpuan ke daerah lapangan.

Tulisan ini bertujuan menyediakan suatu alat bantu dalam melakukan perencanaan balok komposit menerus dengan redistribusi momen terbatas untuk mendapatkan desain yang lebih praktis dan ekonomis. Analisa dilakukan dengan menggunakan program Microfeap P1 dalam menganalisa momen yang terjadi. Balok komposit yang dibahas dibatasi hanya pada balok menerus 2 dan 3 bentang.

REDISTRIBUSI BERDASARKAN KELAS PENAMPANG

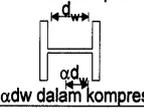
Besarnya redistribusi maksimum yang dapat dilakukan pada balok komposit menerus menurut Eurocode 4 [2] tergantung pada kelas penampang komposit tersebut. Kelas penampang komposit selain tergantung pada momen yang terjadi (positif atau negatif) juga dipengaruhi oleh *local buckling* pada profil baja. Batasan *local buckling* pada profil baja menurut beberapa peraturan cukup sederhana dan umumnya diklasifikasikan secara terpisah untuk sayap dan badan profil seperti yang terlihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat rasio perbandingan lebar dan tebal elemen baja (sayap dan badan) yang mengalami kompresi merupakan faktor penting dalam menentukan kelas suatu penampang.

Penampang komposit yang mengalami momen positif umumnya termasuk dalam kategori kelas 1 [2]. Hal ini disebabkan sayap profil yang mengalami tekan telah *di-restrained* dengan *shear connector* ke pelat beton. Bagian badan profil yang tertekan (jika ada) biasanya sangat kecil, sehingga termasuk dalam kelas 1 juga, sedangkan pada penampang komposit yang mengalami momen negatif klasifikasi sayap profil dapat dilakukan sesuai dengan tabel 1. Tulangan longitudinal yang terpasang sebagai pengganti pelat beton akan mempengaruhi klasifikasi badan profil baja. Makin besar tulangan longitudinal yang terpasang, makin besar bagian badan profil yang mengalami tekan (α), yang berarti kelas penampang akan makin rendah.

Makin tinggi kelas penampang makin besar redistribusi yang dapat dilakukan. Dalam Eurocode 4 [2] redistribusi momen maksimum yang diijinkan adalah sebesar 40% dan 30%

berturut-turut untuk kelas 1 dan 2. Tetapi dengan adanya inersia yang tidak konstan sepanjang bentang balok adalah cukup meragukan untuk melakukan redistribusi maksimum dalam analisa elastis tanpa memperhitungkan pengaruh harga inersia tersebut. Dalam tulisan ini dilakukan analisa elastis dengan memperhitungkan pengaruh momen inersia negatif pada daerah tumpuan untuk mengamati besarnya redistribusi momen yang terjadi pada penampang kelas 1 dan kelas 2, dimana kelas penampang diklasifikasi berdasarkan Eurocode 4 [2] dengan menggunakan tabel 1.

Tabel 1. Rasio Lebar/Tebal dari Elemen Profil I yang Mengalami Tekan [3]

Tipe penampang	Peraturan	Maksimum rasio lebar / tebal	
		Kelas 1 Plastik	Kelas 2 Compact
 Badan dari profil I αd_w dalam kompresi	Eurocode 4+ Eurocode 3+(1988) BS 5950:part 1 BS 5950:part 3+	33ε / α	38ε / α
		85,5ε / (0,4+1,2α)	53ε / α
 Sayap dari profil I	Eurocode 4+ Eurocode 3+(1988) BS 5950:part 1 BS 5950:part 3+	18ε	20ε
		20ε	22ε
		18,4ε	20,6ε
		18,4ε	20,6ε

+ = draft code
 $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)}$

METODE PENELITIAN

Balok komposit terdiri dari pelat beton dan profil baja Wide Flange (WF). Idealisasi struktur yang diteliti terdiri dari balok komposit menerus 2 dan 3 bentang dengan panjang yang sama. Variasi panjang bentang antara 4–12 meter. Balok menerus diasumsikan menerima beban terbagi merata sepanjang bentang. Pelat beton diabaikan pada daerah momen negatif sehingga nilai momen inersia pada daerah tumpuan lebih kecil dari daerah lapangan.

Prosedur analisa adalah sebagai berikut:

- Langkah pertama adalah menganalisa momen yang terjadi dengan mengambil harga inersia positif berlaku sepanjang bentang [1].
- Dari hasil analisa di atas akan diperoleh besarnya momen negatif pada daerah tumpuan dan momen positif pada daerah lapangan sebelum redistribusi.
- Selanjutnya dilakukan analisa dengan memasukkan harga inersia negatif pada daerah tumpuan, sehingga akan diperoleh momen negatif dan positif yang baru akibat ter-

jadinya redistribusi momen dari daerah tumpuan ke daerah lapangan Hal ini dilakukan berulang kali sampai didapatkan panjang bentang tumpuan dan lapangan yang tidak berubah lagi atau dengan kata lain tidak terjadi redistribusi momen lagi.

4. Besarnya redistribusi momen dapat dilihat dari selisih momen negatif yang terjadi sebelum redistribusi dan sesudah redistribusi berakhir.
5. Analisa dilakukan dengan mengubah variasi panjang bentang dan besarnya beban untuk setiap panjang bentang.
6. Variasi panjang bentang dimaksudkan untuk mendapatkan kapasitas penampang positif (M_{kap+}) yang berbeda dengan cara menggunakan ukuran profil yang berbeda untuk setiap panjang bentang atau dengan kata lain profil baja yang digunakan dalam analisa balok bentang 4 m berbeda dengan bentang 5 m dan seterusnya .

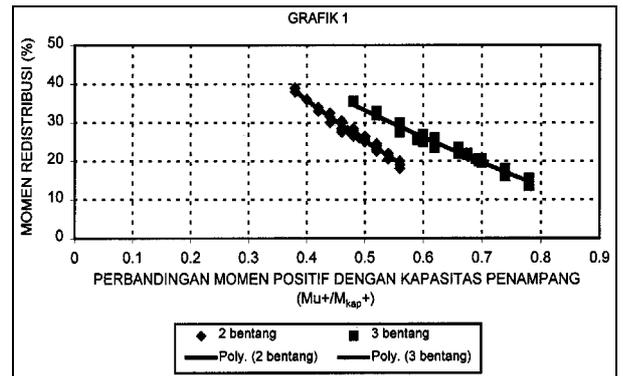
Variasi besarnya beban dimaksudkan untuk mendapatkan nilai momen positif ultimate (M_u^+) yang berbeda untuk setiap satu panjang bentangnya. Besarnya beban diperkecil hingga profil baja dapat menahan momen negatif sesudah redistribusi tanpa kontribusi tulangan dan diperbesar hingga tulangan yang terpasang pada daerah tumpuan tidak melebihi dua kali luasan badan profil [4].

HASIL PENELITIAN

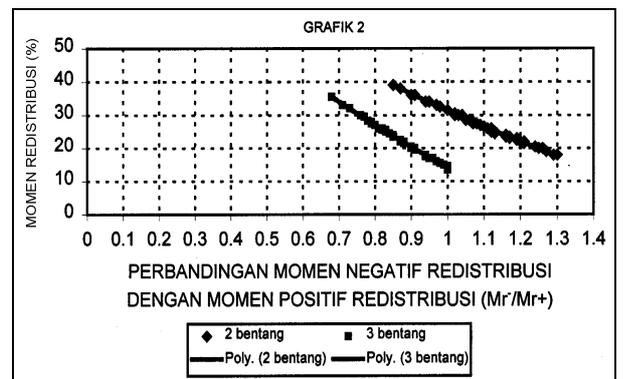
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan nampak rasio M_u^+ / M_{kap+} merupakan faktor yang mempengaruhi besarnya redistribusi momen yang terjadi dari daerah tumpuan ke daerah lapangan, dimana M_u^+ adalah momen ultimate positif yang terjadi sebelum redistribusi, dan M_{kap+} (ϕM_n) adalah kapasitas momen lentur positif dari penampang komposit. Hasil penelitian redistribusi momen pada balok komposit menerus secara lengkap dapat dilihat pada tabel-tabel referensi 5.

Dari hasil penelitian dapat dilihat, makin besar nilai rasio M_u^+ / M_{kap+} makin kecil redistribusi yang terjadi. Atau dengan kata lain makin besar kapasitas penampang (M_{kap+}) dibandingkan momen yang terjadi sebelum redistribusi pada daerah lapangan (M_u^+) makin besar redistribusi yang terjadi [5]. Dari tabel hasil penelitan dapat dibuat grafik sebagai alat bantu dalam perencanaan redistribusi momen pada balok komposit menerus seperti pada grafik 1, 2, dan 3. Grafik 1 menggambarkan hubungan

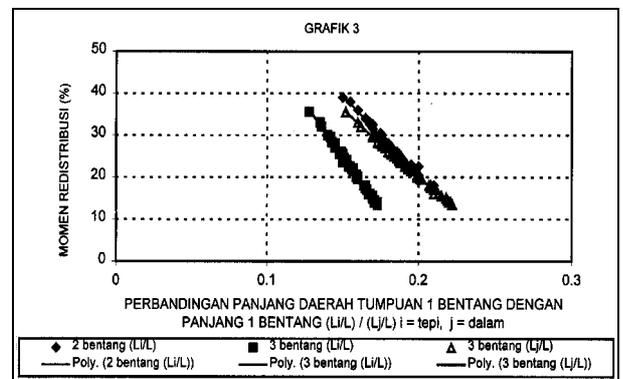
rasio M_u^+ / M_{kap+} dan besarnya redistribusi pada daerah tumpuan. Selanjutnya besarnya momen positif dan negatif setelah redistribusi maupun panjang bentang tumpuan dapat diperoleh dengan menggunakan grafik 2 dan 3. Dari grafik 1 dapat dilihat besarnya redistribusi yang terjadi tidak melebihi 40 % untuk penampang kelas 1 dan ini konsisten dengan redistribusi maksimum pada Eurocode 4. Hasil selengkapannya dari penelitian ini serta contoh aplikasi penggunaan grafik 1, 2, dan 3 dapat dilihat pada referensi 5.



Grafik 1. Grafik Hubungan Rasio M_u^+ / M_{kap+} dan Besarnya Redistribusi



Grafik 2. Grafik Hubungan Rasio M_r^- / M_r^+ dan Besarnya Redistribusi



Grafik 3. Grafik Hubungan Rasio $L_{i,j} / L$ dan Besarnya Redistribusi

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di atas dapat disimpulkan:

1. Besarnya redistribusi momen yang terjadi dipengaruhi oleh rasio perbandingan momen ultimate positif yang terjadi sebelum redistribusi (M_u+) dengan kapasitas momen lentur positif penampang (M_{kap+}).
2. Makin kecil nilai rasio (M_u+/M_{kap+}) makin besar redistribusi yang terjadi atau dengan kata lain makin besar kapasitas penampang komposit dibandingkan momen ultimate pada daerah lapangan sebelum redistribusi makin besar redistribusi yang dapat dilakukan.
3. Hasil penelitian menunjukkan besarnya redistribusi yang dapat dilakukan konsisten Eurocode 4
4. Grafik-grafik hasil penelitian dapat dipakai sebagai alat bantu perencanaan balok komposit menerus dengan redistribusi momen terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Tata Cara Perencanaan Konstruksi Baja untuk Bangunan Gedung*, Konsep Standar Nasional Indonesia Prakonsensus, Departemen Pekerjaan Umum.
2. Johnson, R.P, Anderson, D., *Designers' Handbook to Eurocode 4*, part 1.1, Eurocode Design Handbook, 1993.
3. Kemp, A.R, Dekker, N.W, *Available Rotation Capacity in Steel and Composite Beams*, The Structural Engineer, volume 69, 1991.
4. Sabnis, G. M., *Handbook of Composite Construction Engineering*, Howard University, 1979.
5. Liangkey, S. B., Palekahelu, Sentoso, *Pengaruh Momen Inersia Pada Balok Komposit Menerus*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2000.