

ANALISIS PERBANDINGAN KEBUTUHAN BAHAN (BIAYA) TULANGAN SENGGANG KONVENSIONAL DAN SENGGANG ALTERNATIF PADA BALOK BETON BERTULANG BANGUNAN GEDUNG 2 LANTAI

Basuki

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jalan A.Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta 57102

ABSTRAKSI

Penulangan geser pada balok beton bertulang dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu : pemasangan sengkang (begel) baik sengkang vertikal atau sengkang miring, pemasangan tulangan miring dari tulangan memanjang yang dibengkokkan atau dengan pemasangan kawat kasa. Penulangan geser dengan menggunakan sengkang vertikal ada dua (2) jenis sengkang yang dapat dibuat yaitu dengan sengkang konvensional atau sengkang alternatif. Suatu penelitian telah mendapatkan hasil bahwa bentuk penulangan sengkang vertical konvensional dan sengkang vertikal alternatif mempunyai kekuatan yang sama dalam menahan beban geser pada balok. Penulangan sengkang vertikal alternatif mempunyai suatu kelebihan dibandingkan dengan sengkang vertikal konvensional yaitu dalam hal penghematan bahan (biaya) tulangan sengkang, yang hal ini dikarenakan faktor bentuk tulangan sengkang vertikal alternatif jauh lebih efisien.

Besarnya penghematan (efisiensi) bahan tulangan sengkang vertikal alternatif perlu untuk diketahui lebih jauh agar dapat menjadi bahan pertimbangan ekonomis yang kuat dalam pemakaiannya kelak. Sehingga perlu untuk dilakukan suatu penelitian (analisis) lanjut tentang besarnya penghematan bahan tulangan sengkang vertikal alternatif tersebut. Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah dengan cara menghitung kebutuhan penulangan sengkang pada balok beton bertulang dari suatu bangunan gedung yang direncanakan dengan menggunakan sengkang vertical konvensional dan sengkang vertikal alternatif. Selanjutnya, berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan tulangan sengkang pada kedua jenis tulangan sengkang tersebut akan dapat dihitung besarnya penghematan (efisiensi) bahan tulangan yang dapat disumbangkan oleh tulangan sengkang vertikal alternatif.

Berdasarkan suatu analisis dan perhitungan kebutuhan tulangan sengkang pada balok beton bertulang suatu bangunan gedung 2 lantai untuk perkuliahan, telah diketahui besarnya penghematan (efisiensi) bahan (biaya) tulangan yang dapat disumbangkan oleh tulangan sengkang vertikal alternatif sebesar 25,56 %. Maka, dapat dinyatakan bahwa bentuk penulangan sengkang vertical alternatif pada balok beton bertulang sangat menguntungkan dan sangat efektif untuk diterapkan dibandingkan dengan bentuk penulangan sengkang vertikal konvensional.

Kata kunci : *sengkang vertical, konvensional, alternatif, efisiensi, efektif, bahan, biaya*

PENDAHULUAN

Pada konstruksi bangunan gedung, pemakaian beton bertulang dapat diterapkan pada elemen plat lantai, elemen balok, elemen kolom, elemen sloof atau pada elemen pondasi. Pada elemen balok penulangan yang harus dipasang adalah berupa penulangan lentur (menahan momen lentur) dan penulangan geser (menahan beban geser). Penulangan geser lebih dikenal dengan penulangan sengkang. Ada beberapa model penulangan sengkang yang dapat dibuat pada balok yaitu berbentuk sengkang vertikal, sengkang miring, sengkang spiral. Ketiga bentuk penulangan sengkang ini dikategorikan sebagai tulangan sengkang konvensional. Pemakaian sengkang vertical lebih sering dipergunakan dalam konstruksi balok beton bertulang.

Penelitian terbaru tentang pemakaian tulangan sengkang konvensional dan tulangan

sengkang alternatif pada balok beton bertulang memberikan hasil bahwa kemampuan menahan beban geser kedua jenis tulangan sengkang ini adalah sama. Sengkang alternatif sedikit berbeda dengan penulangan sengkang konvensional, yaitu pada penulangan sengkang alternatif, bagian tulangan arah horizontal dihilangkan dan hanya dibuat penulangan sengkang pada arah vertikal saja. Sengkang konvensional, penulangan sengkang dibuat dengan memasang semua bagian tulangan horizontal maupun vertikal.

Penulangan sengkang alternatif dapat memberikan penghematan dalam hal kebutuhan bahan tulangan sengkang, dikarenakan tidak adanya bagian tulangan horisontal. Untuk penampang balok beton yang relatif kecil, penghematan bahan tulangan sengkang tidak begitu signifikan besarnya. Pada

penampang balok yang lebih besar dengan panjang bentang yang lebih besar pula akan diperoleh penghematan bahan tulangan sengkang yang cukup signifikan besarnya. Besarnya penghematan ini sangat menarik untuk dikaji lebih jauh sehingga akan didapatkan bukti-bukti yang dapat dipertanggungjawabkan dalam rangka pemakaian tulangan sengkang alternatif sebagai bentuk penulangan geser yang efektif dan efisien.

Penelitian ini dimaksudkan sebagai tindak lanjut penelitian sebelumnya yaitu untuk mengetahui bagaimana kebutuhan bahan (biaya) pada kedua jenis penulangan sengkang tersebut di atas serta untuk mengetahui seberapa besar perbedaan kebutuhan bahan (biaya) antara kedua jenis penulangan sengkang tersebut sehingga akan dapat diketahui bentuk penulangan sengkang yang paling efektif dan efisien pada konstruksi balok beton bertulang.

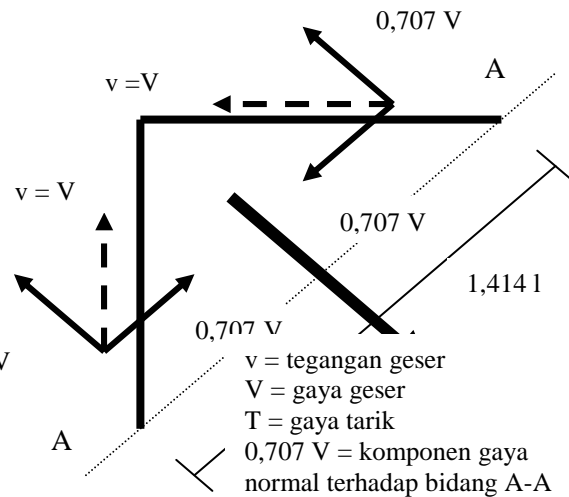
Permasalahan-permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah untuk meng $0,707 V$ bagaimana kebutuhan bahan (biaya) penulangan sengkang konvensional dan sengkang alternatif pada balok beton bertulang, seberapa besar perbedaan kebutuhan bahan (biaya) antara tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang alternatif pada balok beton bertulang, serta untuk mengetahui bentuk penulangan sengkang manakah antara sengkang konvensional dan sengkang alternatif yang akan memberikan penghematan bahan (biaya) dengan kekuatan yang sama pada bangunan gedung 2 lantai untuk perkuliahan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan mengenai balok terlentur harus dipertimbangkan pula, bahwa pada saat yang sama balok juga menahan gaya geser akibat lenturan. Kondisi kritis geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-regangan tarik tambahan di tempat-tempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Untuk komponen struktur beton bertulang, apabila gaya geser yang bekerja sedemikian besar hingga di luar kemampuan beton untuk menahannya, perlu memasang baja tulangan tambahan untuk menahan geser tersebut.

Tegangan geser dan lentur akan timbul di sepanjang komponen struktur yang menahan gaya geser dan momen lentur, sehingga penampang komponen mengalami tegangan-tegangan pada wilayah antara garis netral dan serat tepi penampang. Komposisi tegangan-tegangan tersebut di suatu tempat akan menyesuaikan diri secara alami dengan membentuk keseimbangan tegangan geser dan tegangan normal maksimum dalam suatu bidang yang membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok. Dengan menggunakan lingkaran mohr dapat

ditunjukkan bahwa tegangan normal maksimum dan minimum akan bekerja pada dua bidang yang saling tegak lurus satu sama lainnya. Bidang-bidang tersebut dinamakan bidang utama dan tegangan-tegangan yang bekerja disebut tegangan-tegangan utama (lihat Gambar 1).

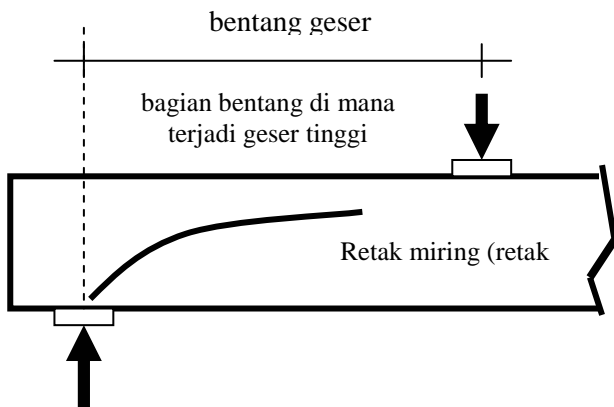


Gambar 1. Tegangan-tegangan pada balok terlentur

Tegangan tarik dengan variasi besar dan kemiringan, baik sebagai akibat geser saja atau gabungan dengan lentur, akan timbul di setiap tempat di sepanjang balok, yang harus diperhitungkan pada analisis dan perencanaan. Kejadian geser pada balok beton tanpa tulangan, kerusakan umumnya terjadi di daerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok, dan dinamakan bentang geser. Retak akibat tarik diagonal merupakan salah satu cara terjadinya kerusakan geser. Untuk bentang geser yang lebih pendek, kerusakan akan timbul sebagai kombinasi dari pergeseran, remuk dan belah. Sedangkan untuk balok beton tanpa tulangan dengan bentang geser lebih panjang, retak akibat tegangan tarik lentur akan terjadi terlebih dahulu sebelum retak karena tarik diagonal. Dengan demikian terjadinya retak tarik lenturan pada balok tanpa tulangan merupakan peringatan awal kerusakan geser (*Dipohusodo, 1994*).

Retak miring akibat geser di badan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur di sekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya. Retak miring pada balok yang sebelumnya tidak mengalami retak lentur dinamakan sebagai retak geser badan. Kejadian retak geser badan jarang dijumpai pada balok beton bertulang biasa dan lebih sering pada balok beton prategangan berbentuk huruf I dengan badan tipis dan flens (sayap) lebar. Retak geser badan juga dapat terjadi di

sekitar titik balik lendutan atau pada tempat di mana terjadi penghentian tulangan balok struktur bentang menerus. Retak miring yang terjadi sebagai proses kelanjutan dari retak lentur yang telah timbul sebelumnya dinamakan sebagai retak geser lentur. Retak jenis terakhir ini dapat dijumpai baik pada balok beton bertulang biasa maupun prategangan. Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung merambat dimulai dari tepi masuk ke dalam balok dengan arah hampir vertikal. Proses tersebut terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai tercapainya suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser di ujung salah satu retak terdalam, di mana terjadi tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring. Pada balok beton bertulangan lentur arah memanjang, tulangan baja akan bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lenturan. Sementara itu, apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat seiring dengan beban. Sedangkan tulangan baja yang diperuntukkan menahan momen lentur di dalam balok letaknya tidak pada tempat di mana tegangan tarik diagonal timbul. Sehingga untuk itu diperlukan tambahan tulangan baja untuk menahan tegangan tarik diagonal tersebut di tempat-tempat yang sesuai (Dipohusodo, 1994). Mengenai retak miring pada balok beton bertulang, maka lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Retak miring pada balok beton bertulang

Ada beberapa cara penulangan geser yang dapat dilakukan dengan memperhatikan pola retak yang terjadi, yaitu dengan cara pemasangan sengkang vertikal, pemasangan jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial, pemasangan sengkang miring atau diagonal, pemasangan batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkokkan batang tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan, atau pemasangan tulangan spiral (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan geser tulangan sengkang konvensional relatif sama (sama) dengan kekuatan

geser sengkang alternatif pada balok beton bertulang. Hal ini disebabkan karena bagian tulangan yang menahan beban geser adalah bagian tulangan vertikal, sedangkan bagian tulangan horisontal tidak berperan dalam menahan beban geser tersebut. Bentuk tulangan sengkang alternatif dapat menjadi suatu bentuk tulangan sengkang yang efektif dan efisien karena akan memberikan penghematan bahan tulangan (Basuki, 2006).

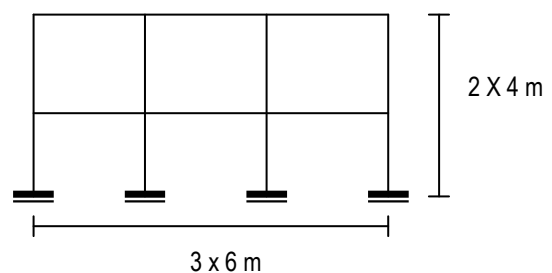
Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui :

- 1). Kebutuhan tulangan sengkang konvensional dan sengkang alternative pada balok beton bertulang struktur bangunan gedung 2 lantai.
- 2). Besarnya perbedaan kebutuhan tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang alternative pada balok beton bertulang struktur bangunan gedung 2 lantai.
- 3). Bentuk penulangan sengkang yang efektif dan efisien antara tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang alternative.

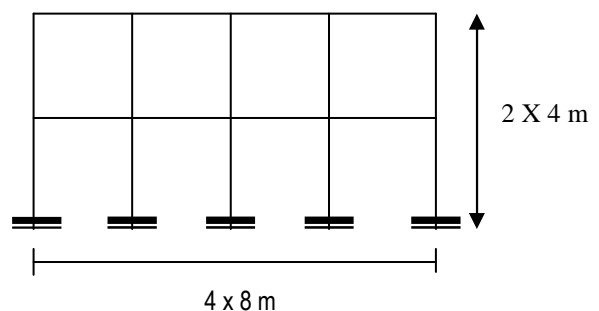
Penelitian tentang perbandingan kebutuhan bahan tulangan sengkang konvensional dan sengkang alternative pada balok beton bertulang merupakan penelitian berbentuk analisis yang tidak dilaksanakan di laboratorium. Sampel penelitian juga bukan berupa sample fisik, tetapi berupa contoh konstruksi balok beton bertulang pada suatu struktur bangunan gedung yang umumnya ada di lapangan dan kemudian dianalisis sampai pada kebutuhan tulangan sengkangnya.

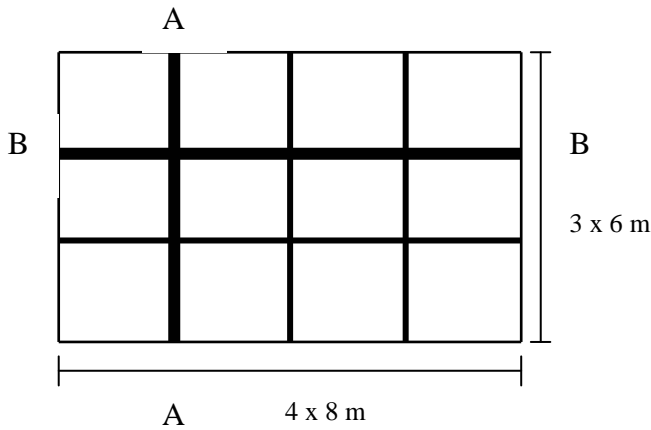
a). Denah model struktur bangunan gedung sebagai berikut :

b). Portal as A – A :



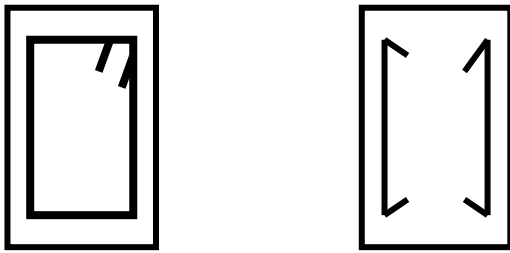
c). Portal as B – B :





Gambar 3. Model struktur bangunan gedung 2 lantai

1. Sampel bentuk tulangan sengkang. Bentuk tulangan sengkang konvensional dan tulangan sengkang alternatif dapat dijelaskan sebagai berikut :



a). Sengkang konvensional b). Sengkang alternatif

Gambar 4. Bentuk tulangan sengkang

Data bangunan gedung 2 lantai :

Atap bangunan gedung adalah plat dak beton bertulang dengan ketebalan 10 cm.

Dimensi konstruksi bangunan gedung :

- 1). Dimensi balok bentang 6m : b=30 cm, h=50 cm
- 2). Dimensi balok bentang 8m : b=40 cm, h=60 cm.
- 3). Dimensi balok anak : b=20 cm, h=30 cm
- 4). Dimensi kolom : b=60 cm, h=60 cm.

Pembebanan atap bangunan gedung :

- 1). Berat sendiri plat dak = 2,4 t/m³
- 2). Beban air hujan setebal 5 cm dengan berat satuan 1 t/m³.
- 3). Beban hidup sebesar 100 kg/m²
- 4). Beban plafond dan penggantung 18 kg/m²

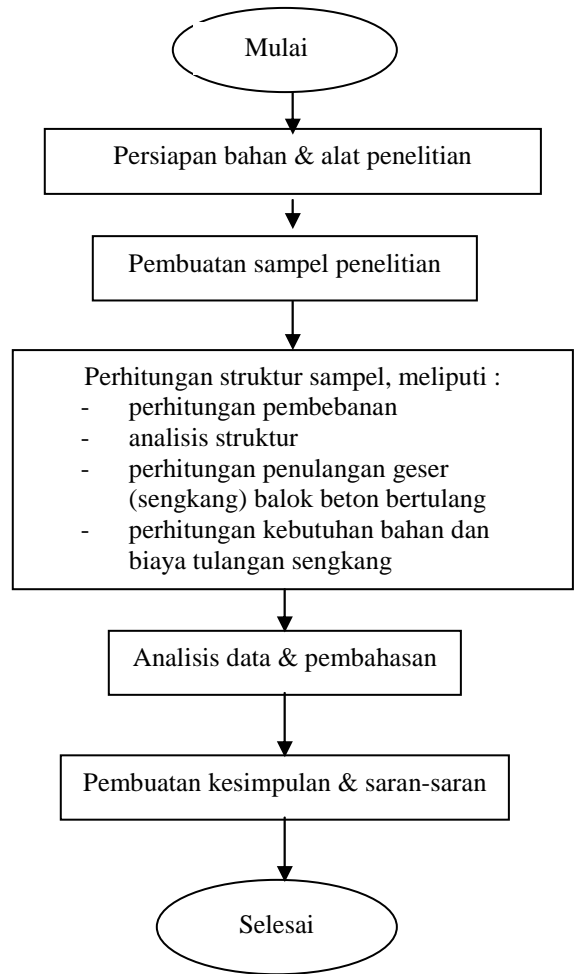
Pembebanan pada lantai bangunan gedung :

- 1). Berat sendiri plat lantai beton setebal 12 cm = 2,4 t/m³
- 2). Beban spesi dan finishing 66 kg/m²
- 3). Beban hidup sebesar 250 kg/m² (bangunan gedung untuk kuliah).
- 4). Beban plafond dan penggantung 18 kg/m²

Data lain-lain :

- a). Kuat tekan beton sebesar 25 MPa dan kuat luluh baja tulangan adalah 240 MPa.
- b). Jenis tulangan sengkang yang dipakai adalah jenis sengkang vertical.
- c). Diameter tulangan yang digunakan adalah tulangan lentur dipakai diameter 22 mm dan tulangan geser (sengkang) baik konvensional maupun alternatif dipakai diameter 8 mm dan 6 mm.
- d). Analisis struktur dipakai program SAP90 dengan konsep analisis portal 2 dimensi.

Tahap-tahap penelitian dijelaskan seperti bagan alir berikut ini :



Gambar 5. Bagan alir penelitian

HASIL PERHITUNGAN

Setelah dilakukan berbagai perhitungan dan analisis, didapatkan hasil-hasil sebagai berikut :

- a). Perhitungan panjang satu tulangan sengkang diperoleh hasil :
 - Pada balok 30cmx50cm : panjang 1 sengkang konvensional 1380 mm, panjang 1

senggang alternatif 1040 mm, selisih panjang antara kedua senggang 34 mm (3,27%).

- Pada balok 40cmx60cm : panjang 1 senggang konvensional 1780 mm, panjang 1 senggang alternatif 1240 mm, selisih panjang antara kedua senggang 54 mm (4,35%).

b). Hasil perhitungan kebutuhan total bahan tulangan senggang :

- Senggang konvensional, besarnya kebutuhan total tulangan adalah sebesar 5721,28 m (diameter 8mm) dan 641,7 m (diameter 6mm).
- Senggang alternatif, besarnya kebutuhan total tulangan adalah sebesar 4233,46 m (diameter 8 mm) dan 519,3 m (diameter 6mm).

c). Hasil perhitungan biaya kebutuhan tulangan.

Harga tulangan diameter 6 mm = Rp. 16.000 / 11 m.

Harga tulangan diameter 8 mm = Rp. 26.000 / 11 m.

Maka,

Biaya bahan total untuk senggang konvensional adalah sebesar :

$$= \frac{5721,28m}{11m} \times Rp.26.000 + \frac{641,7m}{11m} \times Rp.16.000$$

$$= Rp. 14.456.407,27$$

Biaya bahan total untuk senggang alternatif adalah sebesar :

$$= \frac{4233,46m}{11m} \times Rp.26.000 + \frac{519,3m}{11m} \times Rp.16.000$$

$$= Rp. 10.761.705,45$$

Sehingga, selisih biaya bahan antar kedua jenis tulangan adalah sebesar :

$$= Rp. 14.456.407,27 - Rp. 10.761.705,45$$

$$= Rp. 3.694.701,82$$

Jadi,

Biaya bahan tulangan senggang konvensional

$$= Rp. 14.456.407,27$$

Biaya bahan tulangan senggang alternatif

$$= Rp. 10.761.705,45$$

Selisih biaya bahan antar kedua jenis tulangan

$$= Rp. 3.694.701,82$$

Prosentase efisiensi (penghematan) terhadap kebutuhan biaya bahan pada kedua jenis tulangan senggang adalah sebesar :

$$= \frac{Rp. 3.694.701,82}{Rp. 14.456.407,27} \times 100\%$$

$$= 25,56 \%$$

Maka, dapat dilihat dari hasil perhitungan di atas bahwa jenis penulangan senggang alternatif pada bangunan gedung 2 lantai seperti denah di depan dapat memberikan penghematan (efisiensi) biaya bahan tulangan senggang sebesar 25,56 %

dibandingkan jika menggunakan penulangan senggang jenis konvensional.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan di atas terlihat bahwa kebutuhan penulangan senggang alternatif pada balok beton bertulang lebih kecil dibandingkan jika menggunakan senggang konvensional. Hal ini terjadi karena kebutuhan panjang untuk 1 tulangan senggang alternatif lebih kecil daripada kebutuhan panjang untuk 1 tulangan konvensional. Bentuk penulangan senggang alternatif yang tidak menggunakan bagian horizontal menyebabkan panjang 1 tulangan senggang menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tulangan senggang konvensional yang menggunakan bagian horizontal.

Selisih panjang 1 tulangan senggang antar keduanya berkisar dari 34 – 54 cm atau 3,27% - 4,35%. Terlihat dari besarnya selisih panjang 1 tulangan senggang antar kedua jenis tulangan senggang menunjukkan suatu angka penghematan yang cukup signifikan bila digunakan senggang alternatif. Sehingga, untuk suatu bangunan gedung yang mempunyai struktur dengan jumlah balok-balok struktur yang banyak jumlahnya akan mendapatkan penghematan (efisiensi) kebutuhan tulangan senggang yang besar pula. Semakin banyak jumlah balok suatu struktur bangunan gedung, maka besarnya penghematan tersebut akan semakin meningkat dan semakin signifikan. Pada penelitian ini diperoleh besarnya kebutuhan total biaya untuk penulangan senggang yang cukup signifikan selisihnya antara senggang konvensional dan senggang alternatif, yaitu sebesar :

Biaya bahan tulangan senggang konvensional

$$= Rp. 14.456.407,27$$

Biaya bahan tulangan senggang alternatif

$$= Rp. 10.761.705,45$$

Selisih biaya bahan antar kedua jenis tulangan

$$= Rp. 3.694.701,82$$

Prosentase efisiensi (penghematan) terhadap kebutuhan biaya bahan pada kedua jenis tulangan senggang adalah sebesar :

Prosentase penghematan

$$= \frac{Rp. 3.694.701,82}{Rp. 14.456.407,27} \times 100\%$$

$$= 25,56 \%$$

KESIMPULAN

- a). Besarnya kebutuhan tulangan senggang konvensional pada balok beton bertulang struktur bangunan gedung 2 lantai adalah sebesar : diameter 8 mm sebanyak 5721,28 m, diameter 6 mm sebanyak 641,7 m. Biaya

total bahan tulangan sengkang konvensional adalah sebesar Rp. 14.456.407,27. Kebutuhan tulangan sengkang alternatif pada bangunan gedung 2 lantai adalah sebesar : diameter 8 mm sebanyak 4233,46 m, diameter 6 mm sebanyak 519,3 m. Biaya total bahan tulangan sengkang alternatif adalah sebesar Rp. 10.761.705,45.

- b). Besarnya perbedaan kebutuhan tulangan sengkang konvensional dan sengkang alternatif pada struktur bangunan gedung 2 lantai untuk perkuliahan adalah sebesar 25,56 %, dengan nominal besarnya perbedaan kebutuhan biaya bahan tulangan sengkang sebesar Rp. 3.694.701,82.
- c). Penulangan balok beton bertulang dengan sengkang alternatif lebih hemat biaya bahan dibandingkan dengan penulangan sengkang konvensional.

SARAN

Hal-hal yang dapat disarankan setelah dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a). Tulangan sengkang alternatif dapat dijadikan sebagai alternatif bentuk penulangan geser pada balok beton bertulang karena penghematan biaya bahan yang cukup signifikan sehingga sangat menguntungkan untuk dapat diterapkan pada struktur-struktur bangunan yang menggunakan balok beton bertulang dan perlu penulangan sengkang.
- b). Untuk suatu struktur bangunan gedung yang bertingkat banyak dan pembebanan yang lebih kompleks (ada beban gempa, beban torsi dll), maka perlu diteliti lebih lanjut tentang kekuatan sengkang alternatif tersebut apakah masih sama dengan kekuatan sengkang konvensional, agar tujuan efisiensi bahan benar-benar tercapai tanpa mengurangi besarnya kekuatan sengkang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 1997. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2001. *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI – 1982)*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kenneth, M. L., 1997. *Reinforced Concrete Design*, Mc.Graw Hill, Singapore.
- Kusuma, G., 1997. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- LPMB, 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Murdock, L. J. and K.M. Brook, 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A. M., 1987. *Concrete Technology*, Longman Group UK Limited, England.
- Wahyudi, L., 1997. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.