

THE OPTIMIZATION OF REINFORCING STEEL BY IRON FIBER (LATHE WASTE) AND OFFSET TECHNIQUE AT THREE-DIMENSIONAL PORTAL

OPTIMASI PENGGUNAAN BAJA TULANGAN DENGAN SERAT BESI (LIMBAH MESIN BUBUT) DAN TEKNIK OFFSET PADA PORTAL 3 DIMENSI

Samuel Layang¹, Wiratno²

^{1), 2)} Prodi. Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Palangka Raya, Kampus Unpar Tunjung Nyaho, Jl. H. Timang

e-mail : sammy.ptb@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the effect of metal fibres (lathe waste) usages and offset technique at three-dimensional portals to the reinforcement wide. The study was conducting by experimental in laboratory. This experiment is arranged by testing of 25 cylindrical concretes (size 15 cm x 30 cm) under mix design method of SNI 03-2834-2000 (The procedure of making a normal concrete mix plan). All concrete cylinders were tested at 28 days of age in order to obtain an actual compressive strength. The ultimate moment capacity of three-dimensional portal is analyzed by STAAD Pro 2004 engineering computer program. The results of test shows that the compressive strength on concrete with 8% steel fibres is increased up to 45.46%. And the reinforcement wide were decreasing up to 1.87% (pedestal level 1); 2.95% (pedestal level 2); 2.67% (field level 1) and 3.99% (field level 2). The beams which only using the offset technique will save the use of steel amounted to 17.81% (pedestal level 1); 18.25% (pedestal level 2); 2.38% (field level 1) and 2.80% (field level 2). Beams that used iron fibres and the offset technique will save the use of steel amounted to 18.25% (pedestal level 1); 20.18% (pedestal level 2); 4.92% (field level 1) and 6.55% (field level 2). Its decreasing wide was showing on statics analysis and calculation of reinforcing steel requirement.

Keyword: iron fiber, offset technique, reinforcement wide

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat besi (limbah mesin bubut) dan teknik offset pada portal 3 dimensi terhadap luas tulangan yang diperlukan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder (ukuran 15 cm x 30 cm) sebanyak 25 buah. Metode perencanaan campuran beton (*mix design*) yang digunakan berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Silinder beton diuji pada umur 28 hari untuk mendapatkan kuat tekan aktual. Analisa portal 3 dimensi untuk kapasitas momen ultimate menggunakan Program STAAD Pro 2004. Berdasarkan hasil pengujian silinder beton, terjadi peningkatan kuat tekan untuk campuran beton yang menggunakan kadar serat besi 8 % sebesar 45,46 %. Berdasarkan analisa statika dan perhitungan kebutuhan tulangan diperoleh hasil bahwa balok yang hanya menggunakan serat besi akan menghemat penggunaan baja sebesar 1,87 % (tumpuan level 1); 2,95 % (tumpuan level 2); 2,67 % (lapangan level 1) dan 3,99 % (lapangan level 2). Balok yang hanya menggunakan teknik offset akan menghemat penggunaan baja sebesar 17,81 % (tumpuan level 1); 18,25 % (tumpuan level 2); 2,38 % (lapangan level 1) dan 2,80 % (lapangan level 2). Balok yang menggunakan serat besi dan teknik offset akan menghemat penggunaan baja sebesar 18,25 % (tumpuan level 1); 20,18 % (tumpuan level 2); 4,92 % (lapangan level 1) dan 6,55 % (lapangan level 2).

Kata Kunci : serat besi, teknik offset, luas tulangan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi seringkali membutuhkan ketersediaan sarana dan prasarana yang baik. Salah satu diantaranya adalah tersedianya tempat yang layak dan nyaman. Berbicara tentang tempat, lebih khusus lagi rumah atau gedung tidak terlepas dari bidang konstruksi yang diawali dari kegiatan perencanaan (desain).

Konstruksi bangunan memperhatikan banyak hal, secara garis besar terdapat tiga hal pokok yang menjadi perhatian perencana, yaitu keamanan, keindahan (estetika) dan biaya. Dari ketiga faktor tersebut faktor

keamanan merupakan prioritas utama. Keamanan berarti bahwa gedung yang dibangun harus kuat sehingga memberikan rasa aman bagi penggunaannya. Keandalan struktur, estetika berbanding lurus dengan biaya. Semakin kuat bangunan atau mempunyai estetika yang tinggi maka akan membutuhkan biaya yang besar pula. Disisi lain perencana dituntut untuk menghasilkan gedung yang kuat dan aman tetapi ekonomis dari segi biaya.

Untuk bangunan yang menggunakan struktur beton sebagai struktur utama, penggunaan baja tulangan sangat mempengaruhi biaya total struktur beton

bertulang. Untuk mengurangi penggunaan baja tulangan dapat digunakan alternatif material yang memiliki sifat seperti baja yang mampu menahan gaya tarik. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan serat besih limbah mesin bubut, karena selain dapat meningkatkan kuat tekan beton dapat pula mengurangi limbah sekaligus meningkatkan nilai guna limbah serat besi mesin bubut.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sedikit banyak membantu untuk mengatasi persoalan di atas. Sebagai contoh penggunaan teknologi komputer dapat membantu pekerjaan manusia sehingga menjadi lebih mudah, hemat waktu dan hasil yang lebih akurat.

Pengembangan perangkat lunak komputer (*software*) juga terjadi dalam bidang konstruksi. Hingga saat ini telah banyak dibuat program komputer untuk menyelesaikan proses desain struktur, diantaranya Program SAP 2000, ETABS, SansPro, Ansys, STAAD Pro. Masing-masing program tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Namun satu hal yang pasti bahwa keberadaan program tersebut sangat membantu seorang perencana untuk mendapatkan hasil yang akurat dan waktu pekerjaan yang relatif singkat jika dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

Perlu diperhatikan bahwa program-program tersebut hanyalah sebagai alat bantu, keputusan akhir tetap dipegang oleh perencana. Komputer menghasilkan keluaran (*output*) yang sesuai dengan data-data masukan (*input*), sehingga jika terjadi kesalahan input data atau perintah, maka output yang dihasilkan akan salah pula. Oleh karena itu pengetahuan tentang mekanika atau perilaku struktur mutlak diperlukan oleh seorang perencana.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan Program STAAD Pro sebagai program bantu dengan pertimbangan bahwa program ini mudah dioperasikan dan terlebih penulis sudah terbiasa menggunakan ini. Program STAAD Pro memiliki keunggulan karena mudah dalam menggunakan GUI (*Graphical User Interface*). Keunggulan lain dari program ini adalah kita dapat memilih *output* mana yang ingin diketahui, tanpa harus mengetahui hasil *output* secara keseluruhan. Oleh karena itu program ini sangat membantu penulis dalam melakukan analisa portal 3 dimensi dengan beberapa perlakuan.

Program STAAD Pro memiliki fitur yang dapat menghitung momen lentur pada balok, yang memperhitungkan panjang bersih balok sehingga pada akhirnya diperoleh momen lentur yang lebih kecil jika analisa yang dilakukan memperhitungkan jarak dari as ke as balok. Dengan semakin kecil momen lentur yang bekerja pada balok akan mengurangi pemakaian tulangan yang pada akhirnya akan menghemat biaya konstruksi.

Berdasarkan uraian di atas penulis ingin melakukan analisa penggunaan serat besi (limbah

mesin bubut) untuk mengurangi penggunaan baja tulangan pada struktur portal 3 dimensi dan optimasi momen ultimit. Analisa momen ultimit menggunakan Program STAAD Pro 2004. Ada 2 kondisi yang di analisa, yaitu momen lentur balok yang memperhitungkan jarak dari pusat ke pusat kolom dan momen lentur balok yang memperhitungkan panjang bersih balok. Dari penelitian ini diharapkan akan diketahui berapa selisih momen lentur yang terjadi dari dua kondisi tersebut. Adapun penelitian yang akan dilakukan dengan judul, "Optimasi Penggunaan Baja Tulangan dengan Serat Besi (Limbah Mesin Bubut) dan Teknik Offset pada Portal 3 Dimensi".

Berdasarkan uraian di atas, penulis melakukan penelitian yang bersifat analisis dengan meninjau variasi tinggi balok terhadap kapasitas lentur dan geser balok pada gelagar sederhana (*simple beam*). Penulis ingin mendapatkan gambaran pengaruh variasi tinggi balok dengan ukuran lebar balok yang dibuat tetap. Untuk menganalisis kekuatan lentur dan geser balok, penulis menggunakan Program STAAD Pro 2004.

Penelitian ini bertujuan:

1. Untuk mengetahui berapa besar penghematan baja tulangan dengan menggunakan serat besi (limbah mesin bubut)
2. Untuk mengetahui berapa besar penghematan baja tulangan dengan teknik offset pada portal 3 dimensi?

Manfaat yang diharapkan akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui berapa besar penghematan baja tulangan dengan menggunakan serat besi (limbah mesin bubut)
2. Dapat mengetahui berapa besar penghematan baja tulangan dengan teknik offset pada portal 3 dimensi
3. Dapat merencanakan struktur yang lebih ekonomis namun tetap aman

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi dalam 2 tahapan, yaitu:

1. Kegiatan eksperimen di laboratorium
Pada tahapan ini dimulai dari pengujian sifat fisik agregat (pasir dan kerikil), perencanaan campuran beton (*mix design*), pembuatan benda uji, perawatan sampai dengan pengujian. Serat besi yang digunakan adalah serat besi limbah mesin bubut dengan ukuran panjang ± 6 cm dan diameter $\pm 0,8$ mm yang ujungnya dibengkokkan. Perencanaan campuran beton menggunakan Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000) dengan kuat tekan rencana 17,5 MPa. Benda Uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm, tinggi 300 mm yang diuji pada umur 28 hari. Perawatan benda uji (*curing*) dengan cara direndam dalam bak yang berisi air). Rancangan benda uji berdasarkan komposisi kadar serat dapat dilihat pada Tabel 1.

2. Analisa statika portal

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah portal 3 dimensi. Untuk menganalisa portal 3 dimensi diperlukan data-data perencanaan seperti dimensi balok dan kolom, mutu beton, mutu baja. Statika portal akan dianalisa menggunakan Program STAAD Pro. Adapun geometrik portal pada Gambar 1.

Terdapat 2 kondisi yang digunakan dalam perhitungan statika portal:

1. Kondisi 1

Kondisi ini tidak memperhitungkan teknik *offset*. Perhitungan momen pada balok memperhitungkan jarak dari pusat ke pusat kolom.

2. Kondisi 2

Kondisi ini memperhitungkan teknik *offset*. Perhitungan momen pada balok memperhitungkan panjang bersih balok.

Tipe dan jenis pembebanan untuk kedua kondisi di atas adalah sama (sebagai variabel kontrol). Analisa hanya dilakukan pada balok yang mengalami momen maksimum, untuk mengetahui kebutuhan luas tulangan yang diperlukan. Dimensi balok dan kolom untuk kondisi 1 dan kondisi 2 dapat dilihat pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Kasar

Berdasarkan analisa saringan agregat kasar, diperoleh hasil bahwa ukuran maksimum agregat kasar 19, 1 mm (saringan no. ¾"). Grafik analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 2. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa modulus kehalusan (*fine modulus*) agregat kasar yaitu 8,92 (batas modulus kehalusan agregat kasar yang diijinkan 7,49 – 9,55) sesuai dengan SK SNI S – 04 – 1989 – F. Hasil pengujian sifat fisik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3

Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat halus

Hasil analisa saringan agregat halus termasuk dalam zona 2 dengan nilai modulus kehalusan sebesar 3,06 (batas modulus kehalusan agregat halus yang diijinkan 2,3 – 3,1).

Hasil pengujian sifat fisik agregat halus dan grafik analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Berdasarkan perhitungan *mix design* diperoleh nilai perbandingan material sebagai berikut:

semen (PC) : Ag. Halus : Ag. Kasar : Air
1 : 1,6 : 2,4 : 0,6

Komposisi campuran beton yang digunakan untuk membuat benda uji silinder (\varnothing 150 mm, h 300 mm) dapat dilihat pada Tabel 5.

Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil pengujian menunjukkan

terjadi peningkatan kuat tekan dari kadar serat besi 2% sampai dengan kadar 8%. Hal ini menunjukkan kecenderungan kuat tekan bertambah seiring dengan penambahan kadar serat besi. Namun dari hasil pengujian tidak dapat diketahui nilai prosentase maksimum kadar serat sebelum terjadinya penurunan namun dapat disimpulkan bahwa dari 4 variasi penambahan serat besi, kuat tekan maksimum terjadinya pada kadar serat 8%. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui sampai sejauh mana penambahan serat besi sebelum terjadi penurunan kuat tekan. Dari Gambar 4 hubungan kuat tekan dan kadar serat besi dapat diketahui terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 45,46% untuk kadar serat besi 8%. Hasil pengujian kuat tekan tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan sebesar 17,5 MPa. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti data hasil pengujian fisik agregat yang kurang akurat (untuk keperluan *mix design*), proses pengecoran sampai tahap pengujian benda uji. Namun hal ini dapat diabaikan karena *mix design* untuk semua benda uji adalah sama, alat uji yang digunakan sama, sehingga nilai peningkatan 45,45% kuat tekan dapat digunakan dalam menganalisa portal 3 dimensi.

Berat benda uji dari hasil pengujian mempunyai nilai rata-rata ± 12 kg. Jika diperhitungkan untuk 1 m^3 , maka berat isi beton sebesar 2263 kg/m^3 . Dengan demikian campuran beton yang dihasilkan termasuk beton normal.

Analisa Statika Portal

Berdasarkan hasil analisa statika dengan menggunakan Program STAAD Pro, diperoleh hasil pada Tabel 7. Berdasarkan analisis dengan menggunakan STAAD Pro, momen maksimum terjadi pada kondisi beban kombinasi yang mana nilai momen kondisi 2 lebih kecil dari kondisi 1. Hal ini terjadi karena momen pada balok untuk kondisi 2 hanya memperhitungkan panjang bersih, sedangkan momen pada balok untuk kondisi 1 memperhitungkan panjang balok dari pusat ke pusat kolom. Rata-rata penurunan yang terjadi sebesar 21%.

Momen yang terjadi pada daerah lapangan memiliki kecenderungan yang sama dengan daerah tumpuan. Momen maksimum terjadi untuk kondisi beban kombinasi (beban mati + beban hidup). Demikian pula momen lapangan kondisi 2 lebih kecil dari momen lapangan kondisi 1. Perbedaan momen lapangan antara kondisi 1 dan kondisi 2 relatif lebih kecil jika dibandingkan momen pada daerah tumpuan. Hal ini disebabkan karena momen maksimum pada daerah lapangan terjadi di tengah bentang (lokasi yang sama) baik yang tanpa menggunakan teknik offset maupun yang menggunakan teknik offset. Hal ini tidak sama untuk momen yang terjadi pada daerah tumpuan, yang mana lokasi tanpa menggunakan teknik

offset maupun yang menggunakan teknik offset berbeda.

Grafik Perbandingan Momen Pada Daerah Lapangan (Level 2) dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Kebutuhan Tulangan

Perhitungan penulangan balok menggunakan momen maksimum yang terjadi pada daerah tumpuan dan lapangan yang diperoleh dengan menggunakan beban kombinasi. Mutu beton yang digunakan sebesar 17,5 MPa untuk beton tanpa serat besi dan 25 MPa untuk beton yang menggunakan serat besi. Hasil

perhitungan luas tulangan dapat dilihat pada Tabel 9. Berdasarkan hasil perhitungan luas tulangan yang disyaratkan diperoleh hasil bahwa penggunaan serat besi dan teknik offset memberikan nilai luas tulangan (yang disyaratkan) paling kecil dibanding dengan ketiga cara lainnya. Pengurangan (penghematan) luas tulangan yang diperlukan dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11 dan Tabel 12..

Tabel. 1 Rancangan Benda Uji

Kadar Serat	Jumlah Benda Uji	Umur Pengujian
0%	3	28 hari
2%	3	28 hari
4%	3	28 hari
6%	3	28 hari
8%	3	28 hari

Catatan: prosentase kadar serat terhadap berat semen

Tabel 2. Dimensi Balok dan Kolom

	Dimensi /Ukuran Penampang	
Balok	Level 1	30 cm x 50 cm
	Level 2	25 cm x 40 cm
Kolom		30 cm x 30 cm

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian	Nilai / Hasil	Keterangan
Analisa saringan	Zona 2	Nilai fm 8,92
Kadar air	2,63%	Nilai rata-rata
Berat jenis	2,72	Kondisi SSD
Penyerapan	2,26%	
Berat isi		
- Lepas	414,54 gr/cm ³	
- Dipadatkan	451,88 gr/cm ³	
- Digoyang	459,77 gr/cm ³	

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian	Nilai / Hasil	Keterangan
Analisa saringan	Zona 2	Nilai fm 3,06
Kadar air	0,10%	Nilai rata-rata
Berat jenis	2,37	Kondisi SSD
Penyerapan	8,75%	
Berat isi		
- Lepas	525,36 gr/cm ³	
- Dipadatkan	562,06 gr/cm ³	
- Digoyang	582,60 gr/cm ³	
Kandungan zat organik	coklat muda	
Kadar lumpur	0,025%	

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 5. Proporsi Campuran Benda Uji Silinder

Material	Jumlah Material (kg)				
	0%	2%	4%	6%	8%
Semen	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3
Agregat halus	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9
Agregat Kasar	48,43	48,43	48,43	48,43	48,43
Air	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
Serat besi	-	0,406	0,812	1,218	1,624

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6. Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28 Hari

Prosentase Serat Besi	No. Benda Uji	Berat (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
0%	1	12,10	9,62	9,37
	2	12,00	10,19	
	3	12,30	8,30	
2%	1	12,00	9,68	9,72
	2	11,90	11,26	
	3	11,90	8,21	
4%	1	11,95	9,77	10,29
	2	12,00	10,41	
	3	11,90	10,70	
6%	1	11,95	12,85	12,51
	2	12,10	13,19	
	3	12,17	11,50	
8%	1	12,10	13,00	13,63
	2	12,00	13,75	
	3	12,00	14,15	

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 7. Nilai Momen Maksimum Pada Daerah Tumpuan

Jenis Pembebanan	Balok Level 1 (h=4 m)		Perbedaan (%)		
	Momen (kN.m)				
	Kondisi 1	Kondisi 2			
Berat sendiri	6,702	5,364	24,94		
Beban hidup	43,882	36,611	19,86		
Beban kombinasi	78,253	65,015	20,36		
Jenis Pembebanan	Balok Level 2 (h=8 m)		Perbedaan (%)		
	Berat sendiri	4,721		3,842	22,88
	Beban hidup	32,502		27,093	19,96
Beban kombinasi	57,668	47,959	20,24		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Nilai Momen Maksimum Pada Daerah Lapangan

Jenis Pembebanan	Balok Level 1 (h=4 m)		Perbedaan (%)		
	Momen (kN.m)				
	Kondisi 1	Kondisi 2			
Berat sendiri	9,185	8,974	2,35		
Beban hidup	59,088	57,807	2,22		
Beban kombinasi	105,563	103,261	2,23		
Jenis Pembebanan	Balok Level 2 (h=8 m)		Perbedaan (%)		
	Berat sendiri	5,870		5,717	2,68
	Beban hidup	41,048		40,046	2,50
Beban kombinasi	72,721	70,934	2,52		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. Luas Tulangan yang Disyaratkan

Kedudukan Balok		Luas Tulangan yang Disyaratkan (mm ²)			
		Tanpa <i>Offset</i> , Tanpa Serat Besi	Tanpa <i>Offset</i> , Dengan Serat Besi	Dengan <i>Offset</i> , Tanpa Serat Besi	Dengan <i>Offset</i> , Dengan Serat Besi
Tumpuan	Level 1	960,879	942,895	789,760	785,500
	Level 2	939,540	911,812	768,065	749,976
Lapangan	Level 1	1327,026	1291,573	1295,432	1261,744
	Level 2	1219,205	1170,593	1185,039	1139,342

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 10. Perbandingan Luas Tulangan yang Disyaratkan antara Balok Tanpa Offset Tanpa Serat Besi dan Balok Tanpa Offset dengan Serat Besi

Kedudukan Balok		Luas Tulangan yang Disyaratkan (mm ²)		Penurunan (%)
		Tanpa Offset Tanpa Serat Besi	Tanpa Offset Dengan Serat Besi	
Tumpuan	Level 1	960,879	942,895	1,87
	Level 2	939,540	911,812	2,95
Lapangan	Level 1	1327,026	1291,573	2,67
	Level 2	1219,205	1170,593	3,99

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 11. Luas Tulangan yang Disyaratkan antara Balok Tanpa Offset Tanpa Serat Besi dan Balok dengan Offset Tanpa Serat Besi

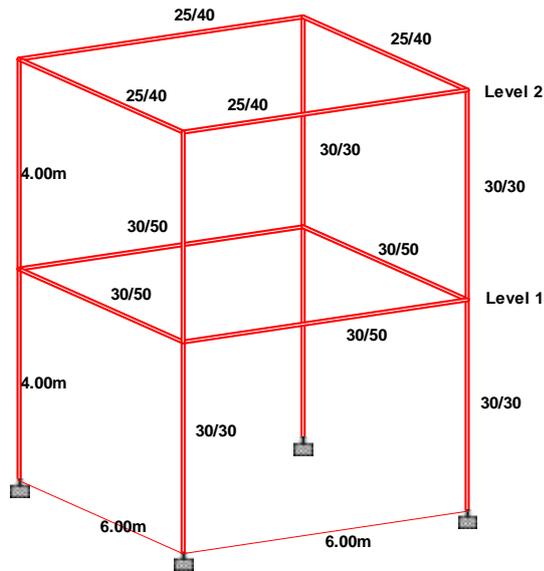
Kedudukan Balok		Luas Tulangan yang Disyaratkan (mm ²)		Penurunan (%)
		Tanpa Offset Tanpa Serat Besi	Dengan Offset Tanpa Serat Besi	
Tumpuan	Level 1	960,879	789,760	17,81
	Level 2	939,540	768,065	18,25
Lapangan	Level 1	1327,026	1295,432	2,38
	Level 2	1219,205	1185,039	2,80

Sumber : Hasil Perhitungan

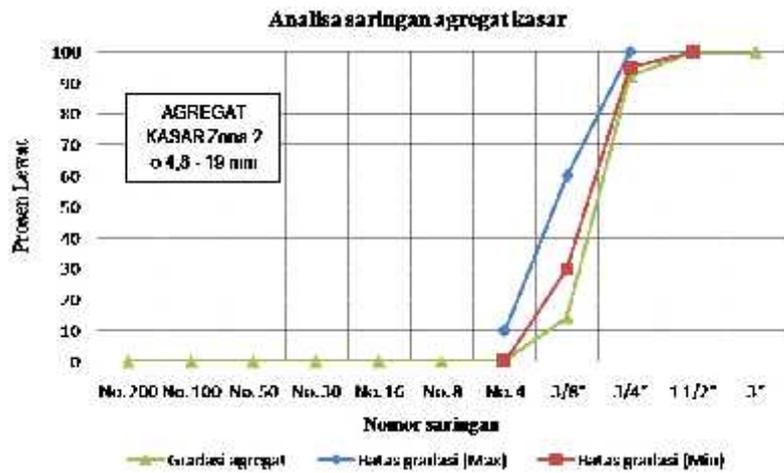
Tabel 12. Luas Tulangan yang Disyaratkan antara Balok Tanpa Offset Tanpa Serat Besi dan Balok dengan Offset dengan Serat Besi

Kedudukan Balok		Luas Tulangan yang Disyaratkan (mm ²)		Penurunan (%)
		Tanpa Offset Tanpa Serat Besi	Dengan Offset Dengan Serat Besi	
Tumpuan	Level 1	960,879	785,500	18,25
	Level 2	939,540	749,976	20,18
Lapangan	Level 1	1327,026	1261,744	4,92
	Level 2	1219,205	1139,342	6,55

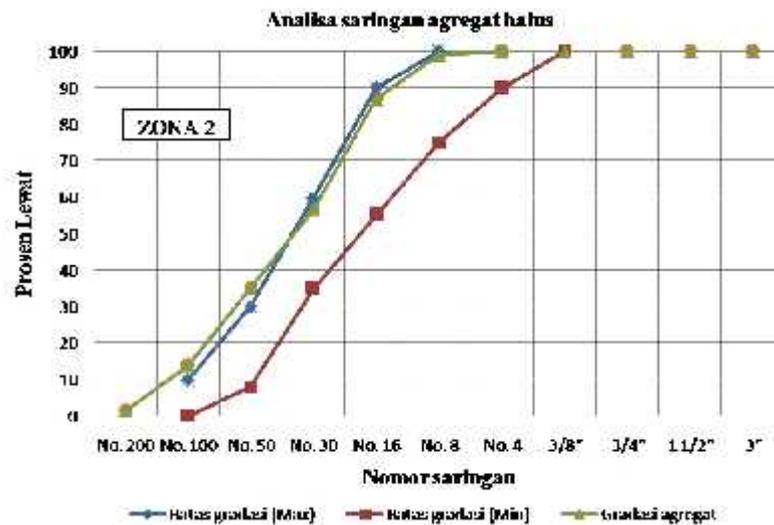
Sumber : Hasil Perhitungan



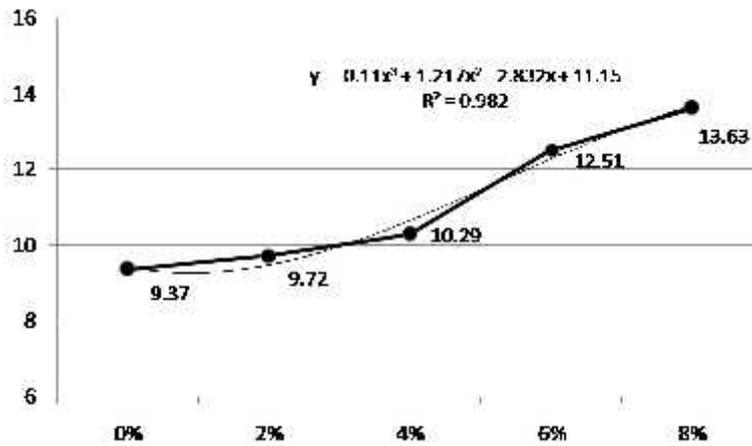
Gambar 1. Skema Pembebanan Pada Balok



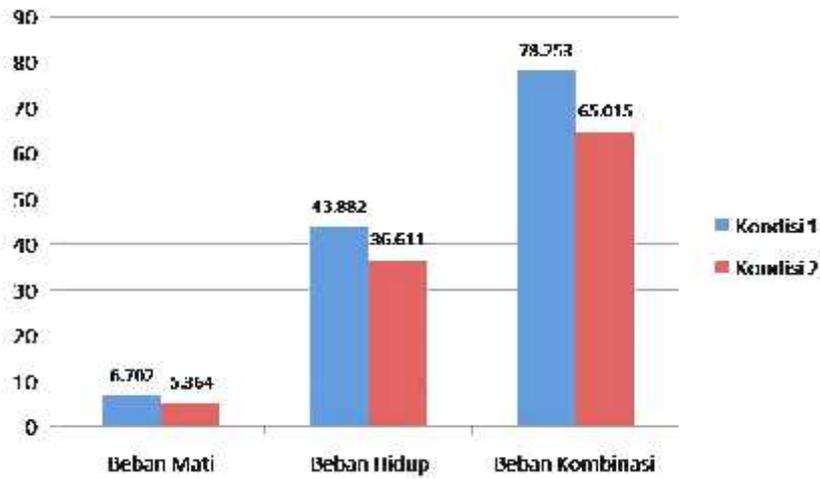
Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar



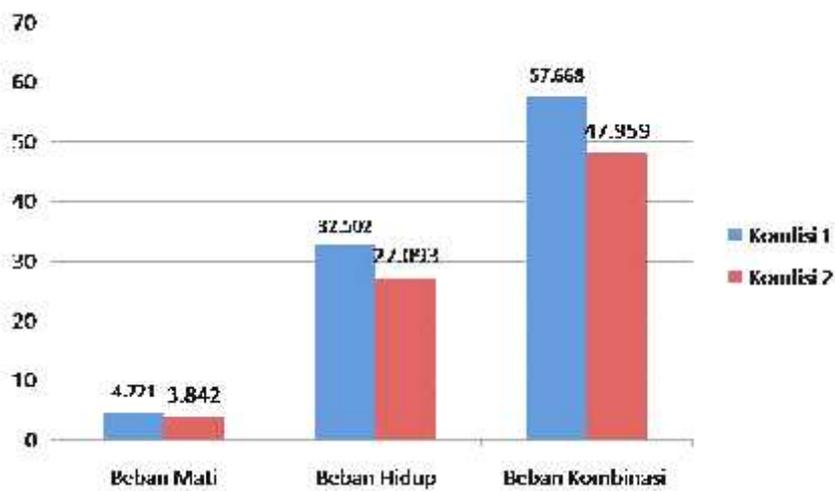
Gambar 3. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus



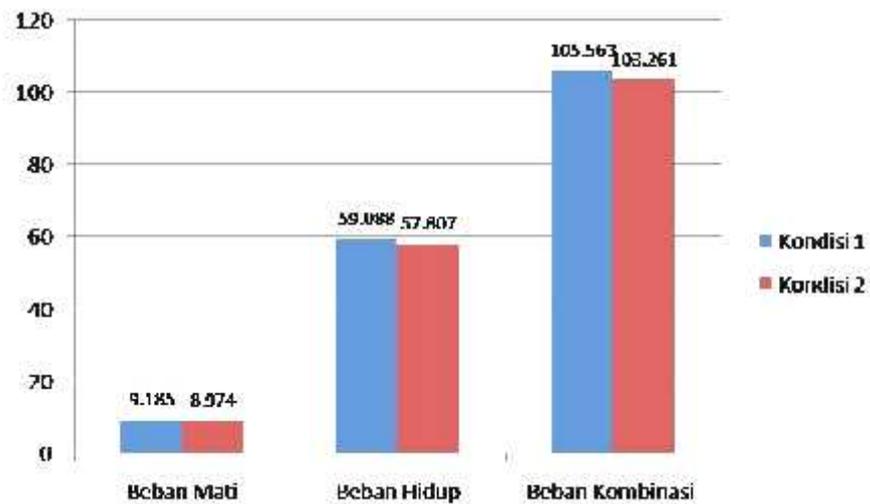
Gambar 4. Hubungan Kuat Tekan dan Kadar Serat Besi



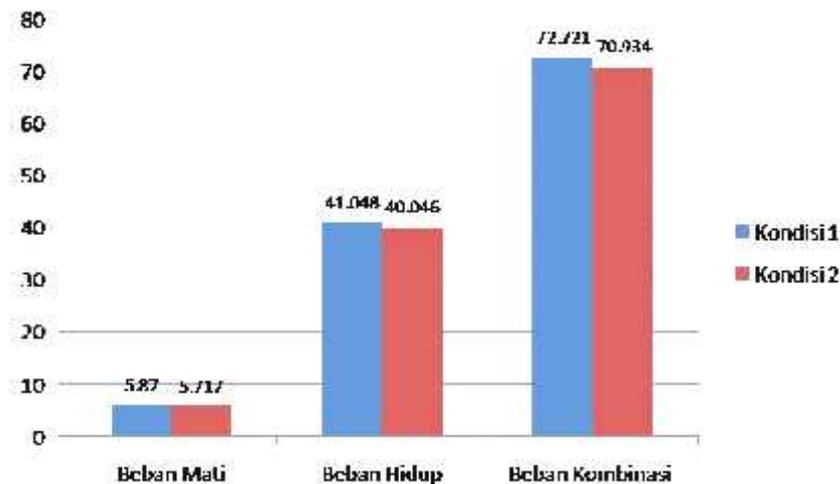
Gambar 5. Grafik Perbandingan Momen Pada Daerah Tumpuan (Level 1)



Gambar 6. Grafik Perbandingan Momen Pada Daerah Tumpuan (Level 2)



Gambar 7. Grafik Perbandingan Momen Pada Daerah Lapangan (Level 1)



Gambar 8. Grafik Perbandingan Momen Pada Daerah Lapangan (Level 2)

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa jika balok hanya menggunakan serat besi, maka akan menghemat penggunaan baja sebesar 1,87 % (tumpuan level 1), 2,95 % (tumpuan level 2), 2,67 % (lapangan level 1) dan 3,99 % (lapangan level 2).

Untuk balok yang hanya menggunakan teknik offset akan menghemat penggunaan baja sebesar 17,81 % (tumpuan level 1), 18,25 % (tumpuan level 2), 2,38 % (lapangan level 1) dan 2,80 % (lapangan level 2). Penghematan baja tulangan yang terbesar terjadi pada daerah tumpuan sedangkan pada daerah lapangan penghematannya relatif kecil.

Sebagai catatan bahwa penggunaan teknik offset sangat baik digunakan untuk menganalisa balok statis tak tentu. Penggunaan teknik offset hanya akan memberikan hasil yang optimal dalam hal penggunaan baja tulangan apabila rasio penulangan berada diantara rasio penulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio penulangan maksimum (ρ_{maks}) atau dengan kata lain jika beban

yang bekerja pada balok sangat besar. Sebagai contoh, jika perhitungan momen hanya memperhitungkan berat sendiri, maka ada kemungkinan perhitungan dengan dan tanpa teknik offset akan memberikan hasil yang sama yaitu rasio penulangan aktual (ρ_{akt}) kurang dari rasio penulangan maksimum. Apabila hal ini yang terjadi maka, akan digunakan rasio tulangan minimum untuk menghindari keruntuhan balok secara tiba-tiba (*brittle*).

KESIMPULAN

1. Balok yang hanya menggunakan serat besi akan menghemat penggunaan baja sebesar 1,87 % (tumpuan level 1); 2,95 % (tumpuan level 2); 2,67 % (lapangan level 1) dan 3,99 % (lapangan level 2).
2. Balok yang hanya menggunakan teknik offset akan menghemat penggunaan baja sebesar 17,81 % (tumpuan level 1); 18,25 % (tumpuan level 2); 2,38 % (lapangan level 1) dan 2,80 % (lapangan level 2)

3. Balok yang menggunakan serat besi dan teknik offset akan menghemat penggunaan baja sebesar 18,25 % (tumpuan level 1); 20,18 % (tumpuan level 2); 4,92 % (lapangan level 1) dan 6,55 % (lapangan level 2).
4. Penggunaan teknik offset akan lebih menghemat penggunaan baja tulangan dibandingkan dengan hanya menggunakan serat besi. Penghematan baja tulangan pada daerah tumpuan lebih besar dibandingkan dengan daerah lapangan
5. Penggunaan teknik offset hanya akan memberikan hasil yang optimal dalam hal penggunaan baja tulangan apabila rasio penulangan berada diantara rasio penulangan minimum (ρ_{min}) dan rasio penulangan maksimum (ρ_{maks}) atau dengan kata lain jika beban yang bekerja pada balok sangat besar.

Badan Standarisasi Nasional (BSN)
 SK SNI S – 04 – F. (1989). *Syarat Mutu Agregat pada Campuran Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN)
 SNI 03-1971. (1990). *Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar dan Halus*. Badan Standarisasi Nasional (BSN)

DAFTAR PUSTAKA

- Alkaff, M.F., 2005, *STAAD 2004 Untuk Orang Awam*, Maxikom, Palembang
- Alkaff, M.F., 2006, *STAAD 2004 Untuk Tingkat Menengah*, Maxikom, Palembang
- Arfiadi. Yoyong, 2011, *Analisis Struktur dengan Metode Matriks Kekakuan*, Cahaya Atma Pustaka, Yogyakarta
- Asroni, Ali, 2010, *Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Hurowura, 2015, Pengaruh Penambahan Serat Besi Limbah Mesin Bubut Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton (Skripsi), Palangka Raya
- Jack C. McCormac, 2000, *Desain Beton Bertulang Jilid I*, Erlangga, Jakarta
- Khurmi. R. S, 1961, *Theory of Structures*, S. Chand & Company Ltd, New Delhi
- Kusuma, Gideon., Andriono, Takim, 1994, *Desain Struktur Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta
- Mulyono, T. (2004). *Tenologi Beton*. Yogyakarta. Penerbit Andi
- Nawy E. G., 1989, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Diterjemahkan Oleh : Bambang Suryoadmono PT. Refika Aditama, Bandung
- Park. R., Paulay.T., 1975, *Reinforced Concrete Structures*, Wiley, New York
- Tim Penyusun, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung : SNI 03 - 2847 – 2002*, ITS Press, Surabaya
- SNI 03-2834. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- SNI 03-1972. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.