

STUDI EKSPERIMENTAL BALOK TUMPUAN SEDERHANA DENGAN TULANGAN GESER YANG DILAS

R. Risang Haryo C.D., Mashuri Amin D.
Purwanto^{*)}, Sukamta^{*)}

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239,
Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Berdasarkan SNI-03-2847-2002, tulangan geser yang biasa digunakan adalah tulangan geser yang kaitnya ditekuk 135°. Pada penelitian ini dilakukan studi eksperimental pada balok tinggi beton bertulang dengan beberapa tipe tulangan geser. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan gaya geser yang dapat ditahan oleh tulangan geser dengan pemasangan berbagai macam tipe tulangan geser pada balok tinggi beton bertulang.

Pada penelitian ini, dibuat empat (4) buah benda uji balok berdimensi 1,0 x 0,4 x 0,2 m dengan berbagai macam tipe tulangan geser, yaitu balok beton bertulang tipe (B-01), (B-02), (B-03), dan (B-04). Pada balok tipe (B-01) hanya digunakan tulangan tarik 2D19 sedangkan untuk ketiga balok lainnya digunakan tulangan tekan 2Ø10, tulangan tarik 2D19 dan tulangan geser Ø6-90. Pengujian benda uji dilakukan setelah usia beton melewati 28 hari.

Berdasarkan analisa hasil penelitian diperoleh balok tipe B-03 dapat menahan gaya geser tertinggi dengan nilai gaya geser (V_u) = 203,681 kN, dapat menahan beban maksimum (P) sebesar 406,593 kN, dan kuat geser yang disumbangkan oleh baja tulangan (V_s) sebesar 159,913 kN, tetapi tipe balok yang menggunakan tulangan geser yang dilas (B-03 dan B-04) pada daerah dekat beban mengalami putus.

Kata Kunci: beban (P), gaya geser (V_u), lendutan, regangan.

ABSTRACT

Based on SNI-03-2847-2002, the common used stirrup is stirrup with 135° bent hook, which will be replaced by stirrup without hooks but welded in connections. This study aims to determine the differences of shear forces that can be retained by the stirrup with various types installation in reinforced concrete deep beams.

In this research was made a set of four (4) pieces of the similiar beam dimensions; they are 1.0 x 0.4 x 0.2 m with various types of stirrup (B-01), (B-02), (B-03) and (B -04). In reinforced concrete beam without stirrup, tensile reinforcement 2D19 is merely used, on the other beams are used compression reinforcement 2Ø10, tensile reinforcement 2D19 and stirrup Ø6-90. Specimen testing was performed after 28 days of age through the concrete.

Based on the analysis results is obtained that the beam of type B-03 can withstand the highest shear forces to the shear force values (V_u) = 203.681 kN, can withstand the maximum load (P) of 406,593 kN, and the shear strength contributed by the steel reinforcement (V_s) of 159,913 kN, but the types of beams, that use welded stirrups (B-03 and B-04) in the area near the load, have broken.

Keywords: load (P), shear force (V_u), displacement, strain.

PENDAHULUAN

Beton bertulang harus diberi penulangan yang berupa tulangan longitudinal dan tulangan geser. Tulangan longitudinal digunakan untuk menahan momen lentur sedangkan tulangan geser digunakan untuk menahan gaya geser. Disain penampang balok beton bertulang yang benar adalah pada kondisi penampang *under-reinforced* karena keruntuhan pada balok beton bertulang ditandai dengan melelehnya tulangan baja sebelum terjadi kehancuran pada beton. Balok beton bertulang yang digunakan berupa balok sederhana dengan 2 tumpuan yaitu tumpuan sendi dan tumpuan rol. Pada balok tinggi retan terhadap gaya geser. Rasio perbandingan yang digunakan antara panjang penampang geser dengan tinggi penampang balok adalah $a/d \leq 2.5$, sehingga kekuatan gaya geser yang dihasilkan lebih besar daripada kekuatan momen lentur mengakibatkan kegagalan geser. Jika balok mengalami kegagalan geser maka akan terjadi retak pada gaya geser terbesar yang biasanya berada ditumpuan, retak yang terjadi berupa retak diagonal yang membentuk sudut 45° . Atas dasar tersebut akan dilakukan penelitian mengenai studi eksperimental pada balok beton bertulang dengan digunakan beberapa tipe tulangan geser. Berdasarkan pasal 14.13 SNI-03-2847-2002, tulangan geser (sengkang) yang biasa digunakan pada balok beton bertulang, berupa tulangan geser yang kaitnya di tekuk 135° dan berdasarkan pasal 23.3 SNI-03-2847-2002, panjang tekukan pengait sebesar 6 (enam) kali diameter ($6d$), yang berfungsi agar mampu mengembangkan kuat leleh rencananya. Kemudian tulangan geser tersebut akan diganti dengan tulangan geser tanpa kait yang sambungannya dilas. Tipe tulangan geser yang akan dilakukan pada penelitian ini, ada 3 (tiga) tipe yaitu tulangan geser yang kaitnya ditekuk 135° , tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian pojok dan tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian tengah.

Tujuan Penelitian :

1. Mengetahui perbedaan gaya geser yang dapat ditahan oleh tulangan geser dengan pemasangan berbagai macam tipe tulangan geser pada balok beton bertulang dalam kondisi *under-reinforced*.
2. Mengetahui hubungan antara beban dan regangan yang terjadi pada balok beton bertulang dengan pemasangan berbagai macam tipe tulangan geser.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisa kegagalan geser

Kegagalan pada balok beton bertulang biasanya diawali dengan terjadinya retak. Retak itu disebabkan karena beban yang ditahan oleh balok beton bertulang melebihi kemampuannya. Beban kerja yang menyebabkan retak pada balok beton bertulang berupa momen lentur dan gaya geser. Balok beton bertulang tidak mampu menahan momen lentur maka akan terjadi retak didaerah momen yang maksimum yang biasanya berada ditengah

bentang. Retak yang terjadi berupa retak vertikal pada serat tarik terluar balok beton bertulang. Balok beton bertulang tidak mampu menahan gaya geser maka akan terjadi retak pada gaya geser terbesar yang biasanya berada disekitar tumpuan, retak yang terjadi berupa retak diagonal yang membentuk sudut 45° .

Tegangan geser pada balok beton bertulang

Pada saat balok menahan momen lentur, balok juga menahan gaya geser akibat lenturan. Tegangan lentur dan tegangan geser akan timbul disepanjang penampang balok, dimana pada balok tersebut bekerja gaya geser dan momen lentur. Kondisi kritis geser akibat menahan momen lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-tegangan pada elemen balok. Tegangan-tegangan tersebut membentuk keseimbangan berupa tegangan geser dan tegangan normal maksimum dalam satu bidang dan membentuk sudut kemiringan terhadap sumbu balok.

Keruntuhan tekan akibat geser

Ragam kegagalan balok beton bertulang tanpa tulangan geser ada 3 macam, yaitu (1) keruntuhan lentur, (2) keruntuhan tarik diagonal, (3) keruntuhan tekan akibat geser. Penelitian ini diinginkan terjadi kegagalan geser sehingga yang ditinjau adalah keruntuhan tekan akibat geser (Edward G.Nawy 1990 : 152).

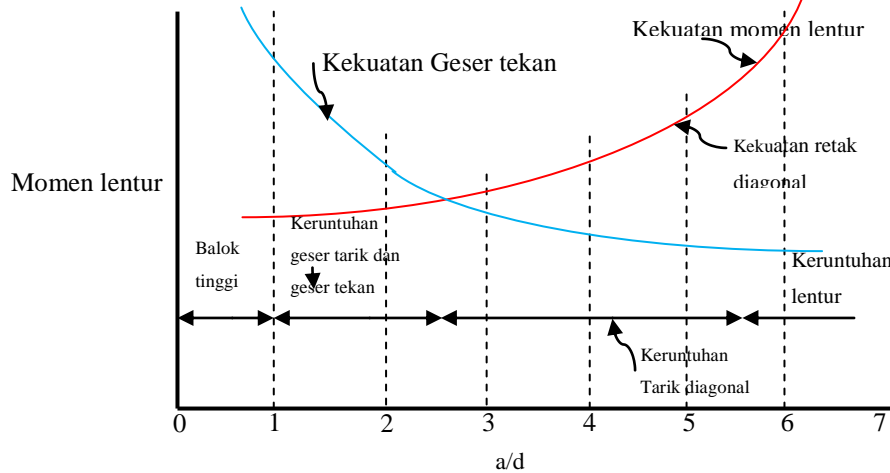
Tabel 1. Pengaruh kelangsingan balok terhadap ragam keruntuhan

Ragam Keruntuhan	Perbandingan bentang geser dengan tinggi sebagai ukuran dari kelangsingan	
	Untuk beban terpusat	Untuk beban terdistribusi
	a/d	L/d
Lentur (F)	> 5.5	> 16
Tarik diagonal (DT)	2.5 - 5.5	11 b - 16 b
Tekan Geser (SC)	1 - 2.5	1b - 5b

Keruntuhan tekan akibat geser ini dimulai dengan terjadinya retak lentur ditengah bentang dan tidak menjalar, karena tulangan longitudinal mengalami kehilangan lekatan terhadap beton di sekitar daerah tumpuan, kemudian diikuti dengan retak diagonal yang lebih curam dibandingkan pada saat terjadi keruntuhan tarik diagonal dan merambat terus menuju garis netral. Perbandingan bentang geser terhadap tinggi balok a/d dan ukuran balok sebagai suatu faktor yang berpengaruh untuk mendapatkan gaya lintang yang besar. Balok yang memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan retak diagonal adalah balok tinggi (*deep beam*) yang mempunyai perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang a/d sebesar 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat, dan kurang dari 5,0 untuk beban terdistribusi.

Pengaruh kuat geser terhadap penampang balok

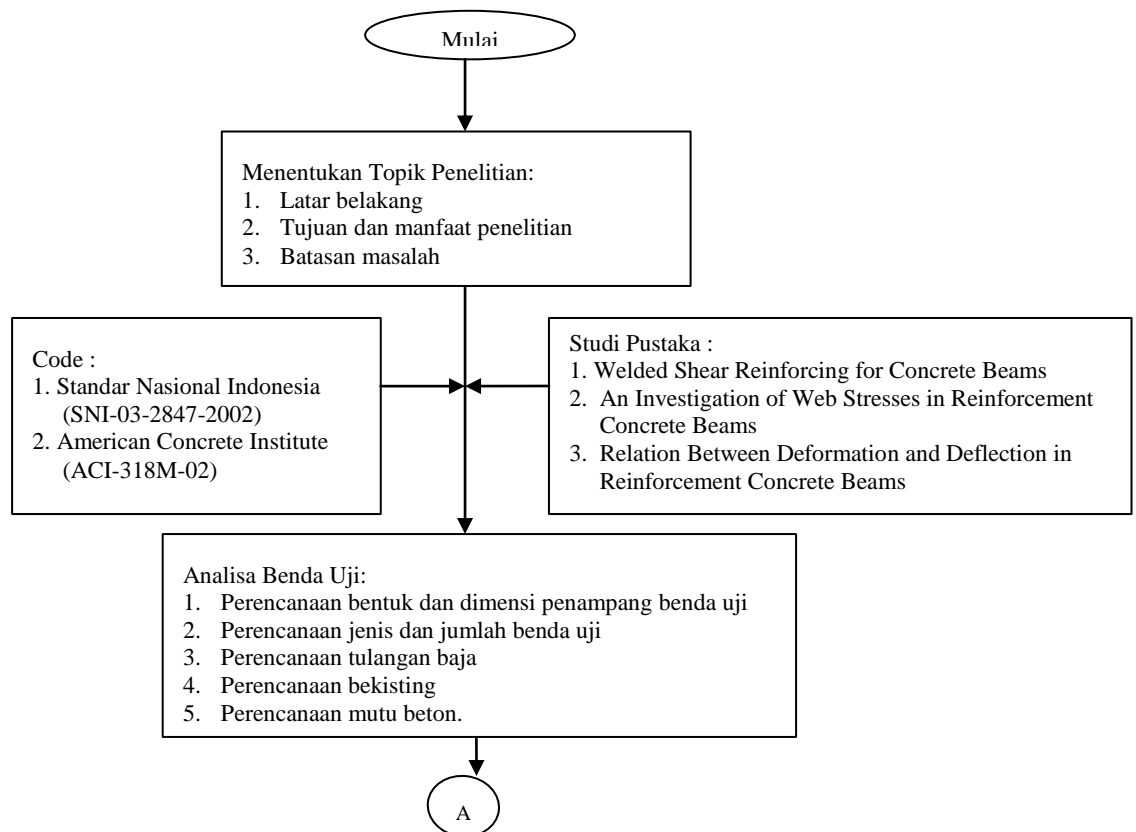
Pada *Gambar 1*, dapat disimpulkan, bahwa balok beton bertulang yang memiliki ukuran langsing, kekuatan momen lentur yang dihasilkan lebih besar daripada kekuatan gaya lintangnya sehingga mempunyai resiko keruntuhan lentur. Sedangkan balok beton bertulang yang memiliki ukuran semakin tinggi, kekuatan gaya lintang yang dihasilkan lebih besar daripada kekuatan momen lentur sehingga mempunyai resiko keruntuhan geser.

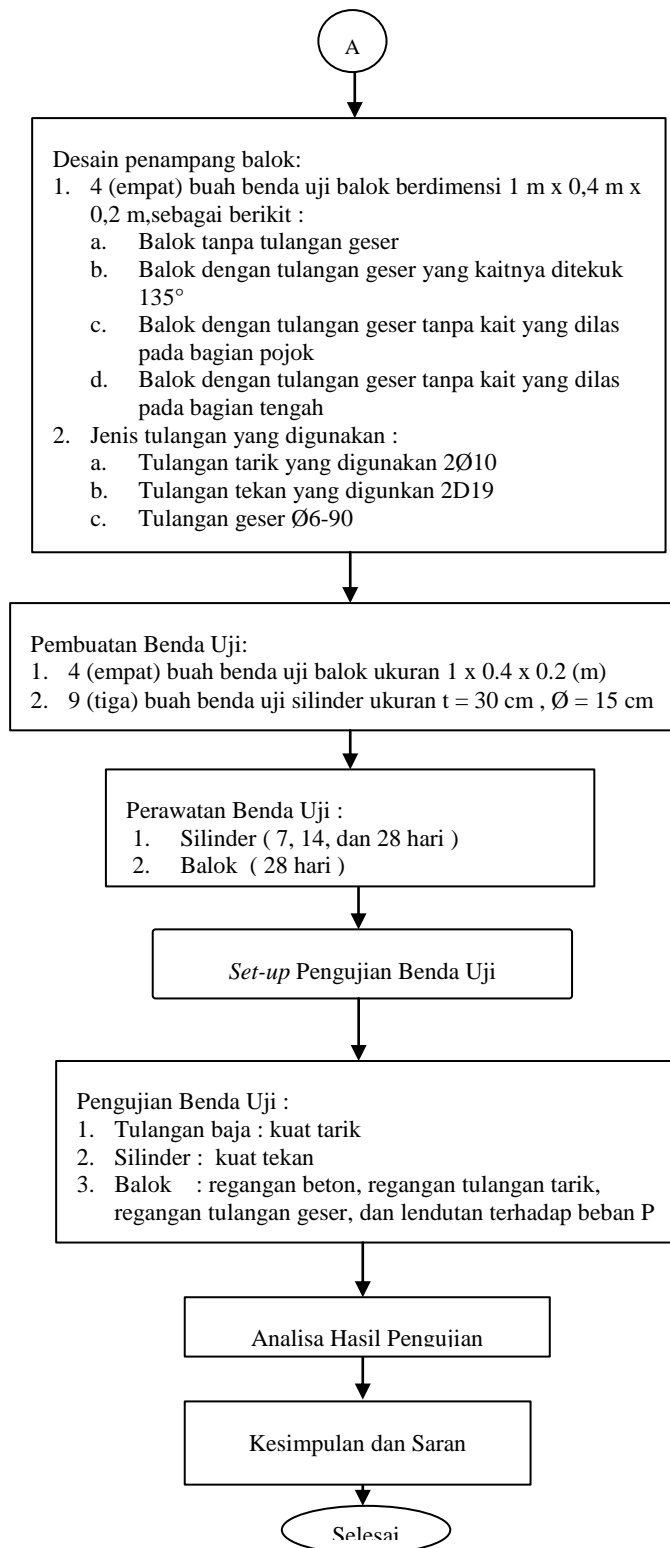


Gambar 1. Pengaruh kuat geser terhadap perbandingan penampang a/d pada balok beton bertulang. (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon 1985 : 127)

METODOLOGI PENELITIAN

Benda Uji

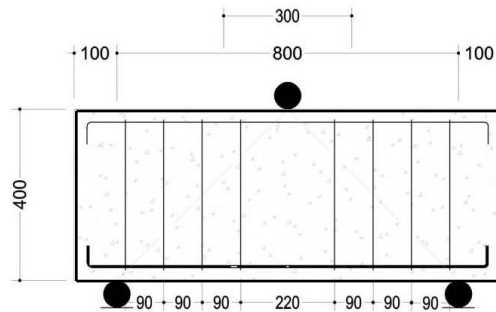




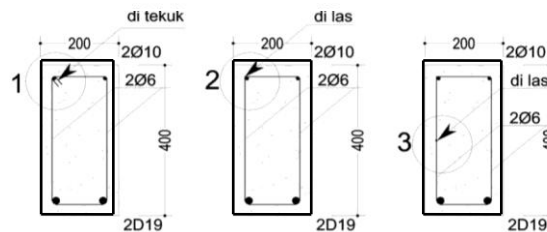
Gambar 2. Diagram alir (flowchart) pelaksanaan penelitian Tugas Akhir

Pada penelitian ini dibuat 4 buah benda uji balok dengan ukuran 2 x 0,4 x 0,2 m , dari hasil kuat tekan beton mutu beton yang digunakan 29,56 Mpa, dan hasil uji tarik baja Ø6, Ø10, dan D19 yaitu 237,41 Mpa, 366,11 Mpa, dan 318,22 Mpa. Rincian benda uji sebagai berikut :

1. Balok beton bertulang tanpa tulangan geser (B-01),
2. Balok beton bertulang dengan tulangan geser yang kaitnya ditekuk 135° (B-02),
3. Balok beton bertulang dengan tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian pojok (B-03),
4. Balok beton bertulang dengan tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian tengah (B-04),



Gambar 3. Penulangan benda uji

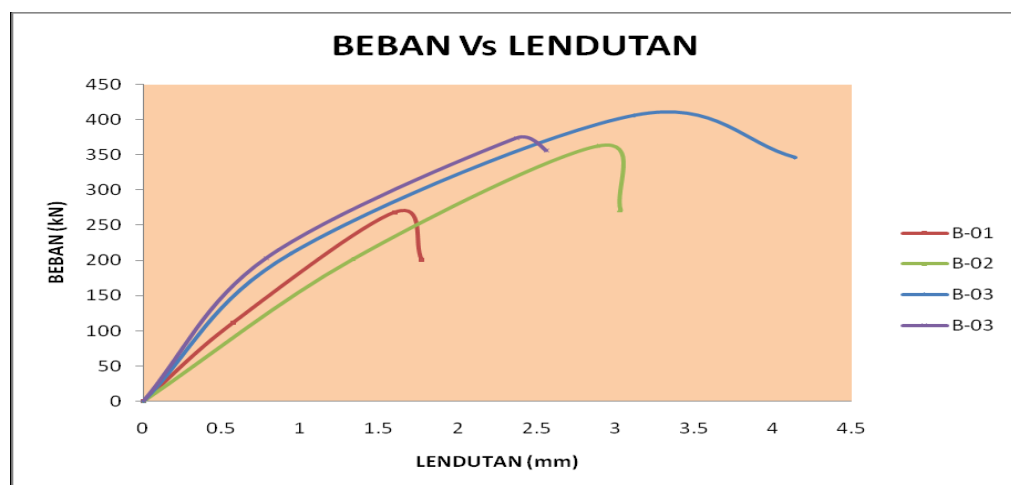


Gambar 4. Detail tulangan geser, (a) di tekuk ; (b) di las di pojok ; (c) di las di tengah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Diagram beban-lendutan diperoleh dengan cara memasukkan data beban dan data lendutan dari balok yang tercatat pada saat pengujian berlangsung, data lendutan yang diperoleh dari hasil data *logger* memiliki satuan milimeter (mm) dan beban P dengan satuan N. Bentuk diagram beban-lendutan untuk setiap variasi tulangan geser balok seperti pada **Gambar 5** :



Gambar 5. Perbandingan beban-lendutan tiap model variasi tulangan geser pada balok

Tabel 2. Hasil pengujian beban maksimum yang ditahan tiap model variasi tulangan geser pada balok

JENIS BENDA UJI	KODE	BEBAN MAKSIMUM (kN)	DEFORMASI YANG TERJADI SAAT BEBAN MAKSIMUM (mm)	BEBAN TERJADI SAAT <i>FIRST CRACK</i> (kN)	DEFORMASI YANG TERJADI SAAT <i>FIRST CRACK</i> (mm)
Balok beton bertulang tanpa tulangan geser	B-01	268,396	1,60	111,555	0,57
Balok beton bertulang dengan tulangan geser yang kaitnya ditekuk 135°	B-02	362,637	2,89	201,798	1,33
Balok beton bertulang dengan tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian pojok	B-03	406,593	3,12	210,456	0,94
Balok beton bertulang dengan tulangan geser tanpa kait yang dilas pada bagian tengah	B-04	373,626	2,37	203,130	0,78

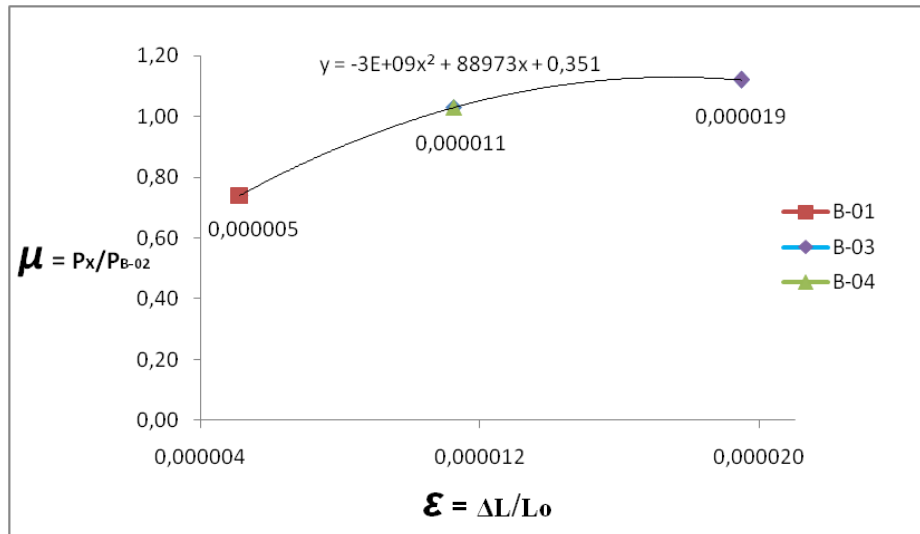
Verifikasi Kapasitas Gaya Geser

Tabel 3. Perbandingan beban maksimum dan gaya geser hasil analisa terhadap eksperimen

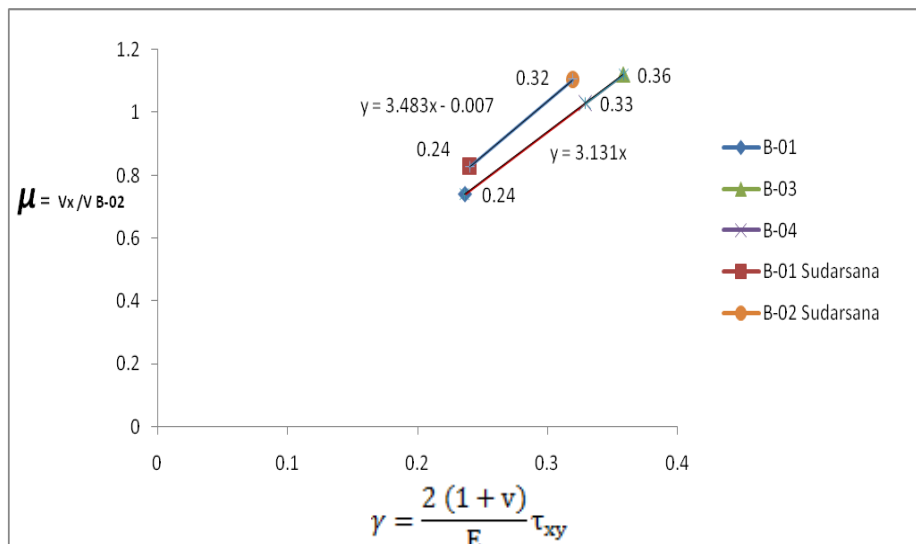
Hasil		beban (P) KN	Gaya Geser (Vu) KN
Analisa menurut ACI 11-29 dan 11-30		324,501	163,018
Analisa dengan <i>Strut and Tie Model</i>		360,622	181,079
Eksperimen	B-01	268,396	134,582
	B-02	362,637	181,702
	B-03	406,593	203,681
	B-04	373,626	187,197

Tabel 4. Hasil pengujian beban maksimum yang ditahan tiap model variasi tulangan geser pada balok

KODE	GAYA GESER MAKSIMUM V_u (kN)	Kuat tekan beton (f'_c) (Mpa)	Kapasitas geser beton V_c (kN)	Kapasitas geser tulangan geser V_s (kN)
B-01	134,582	30,50	43,768	0.00
B-02	181,702	31,13	43,768	137,934
B-03	203,681	31,96	43,768	159,913
B-04	187,197	30,50	43,768	143,429



Gambar 6. Grafik Rasio P maksimum (μ) dengan regangan normal (ϵ)



Gambar 7. Grafik Rasio kapasitas geser maksimum (μ) dengan regangan geser (γ)

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu balok tipe B-03 dapat menahan gaya geser tertinggi dengan nilai gaya geser (V_u) = 203,681 kN, dapat menahan beban maksimum (P) sebesar 406,593 kN, dan kuat geser yang disumbangkan oleh baja tulangan (V_s) sebesar 159,913 kN. Tipe balok yang menggunakan tulangan geser yang dilas (B-03 dan B-04) pada daerah dekat beban mengalami putus. Beban maksimum yang mampu dipikul balok tinggi dari hasil percobaan lebih besar dibandingkan dengan hasil analisa perhitungan.

Saran

Untuk penelitian berikutnya, perlu adanya kajian yang lebih mendalam untuk berbagai tipe tulangan geser yang akan digunakan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk gaya geser yang terjadi pada balok normal (*ordinary beam*). Pengoperasian *UTM Hydraulic*

pada saat pengujian benda uji harus lebih teliti agar distribusi beban dapat optimal. Pembuatan benda uji untuk setiap masing-masing tipe sebaiknya lebih dari satu agar data yang diperoleh lebih bisa dipertanggung-jawabkan.

Daftar Pustaka

- (2002). SNI-03-2847-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- D.M., McCain. (1939). "Welded Shear Reinforcing for Concrete Beams." *Civil Engineering*. (ACI Journal).
- F.E., Richart. (1945). "An Investigation of Web Stresses in Reinforceent Concrete Beam." *University of Illinois, Bulletin No.166*. (ACI Journal).
- G. MacGregor, James. (1997). *REINFORCED CONCRETE MECHANICS AND DESIGN Third Edition*. New Jersey: Prentince-Hall, Inc.
- G. Nawi, Edward. (1998). *BETON BERTULANG Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. REFIKA ADITAMA.
- Kusuma, Gideon, Kole dan Sagel. (1993). *CUR Pedoman Pengajaran beton berdasarkan Sksni T-15-1991-03 seri beton 2*.
- Maney, G.A. (1914). "Relation Between Deformation and Deflectionin Reinforced Concrete Beams." *Proc. A.S.T.M. Technical Papers, Vol. 14, p. 310*, .(ACI Journal).
- McCormac, Jack C. (2004). *DESAIN BETON BERTULANG EDISI KELIMA*. Jakarta: Erlangga.
- Park, R dan T. Paulay. (1975). *REINFORCED CONCRETE STRUCTURE*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- W.A. Slater, A. R. Lord, and R.R. Zippordt, "Shear Test of Reinforced Concrete Beams." *Tech. Paper No. 314 of Bureau of Standards*. (ACI Journal).
- Wang, chu-kia and Charles G. Salmon. (1986). "Disain Beton Bertulang - Kekuatan geser dan Tulangan geser".