

STUDI EKSPERIMENTAL PERBANDINGAN VARIASI SENGGANG MIRING TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG

Arif Rachman., Rifa Aulia Bakri.
Sri Tudjono^{*)}, Han Ay Lie^{*)}

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

ABSTRAK

Penulangan geser pada balok umumnya dikenal dengan istilah penulangan sengkang, yaitu tulangan sengkang vertikal, tulangan sengkang spiral dan tulangan sengkang miring sesuai dengan SNI-03-2847-2002 dari ketiga jenis penulangan tersebut sengkang vertikal lebih sering digunakan dalam suatu pekerjaan beton dikarenakan dari segi kemudahan dalam pelaksanaannya. Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan studi eksperimental perbandingan variasi sengkang miring terhadap kuat geser balok beton bertulang. Pada penelitian ini akan dibuat 3 buah variasi sengkang miring, yaitu balok beton sengkang miring las tengah (B2), balok beton sengkang miring kait standar 135° (B3), balok beton sengkang miring las pojok atas (B4) dan 1 buah balok beton tanpa sengkang yang berfungsi sebagai balok kontrol (B1) dengan dimensi balok yang digunakan 100x200x2200 mm, pengujian dilakukan dengan satu titik pembebanan pada tengah-tengah bentang.

Berdasarkan hasil penelitian dari ke 3 variasi sengkang miring, balok dengan sengkang miring las tengah (B2) mampu menahan beban $P_u = 44,72$ KN, gaya geser $V_u = 22,84$ KN dan kapasitas balok naik 15,81%, balok dengan sengkang miring kait standar (B3) mampu menahan beban $P_u = 53,625$ KN, gaya geser $V_u = 27,29$ KN dan kapasitas balok naik 38,89%, balok dengan sengkang miring las pojok atas (B4) mampu menahan beban $P_u = 54,580$ KN, gaya geser $V_u = 27,87$ KN dan kapasitas balok naik 41,88% dari balok tanpa menggunakan sengkang.

Kata kunci: sengkang miring, beban (P_u), gaya geser (V_u), kapasitas balok.

ABSTRACT

Shear reinforcement in beams commonly known as reinforcement stirrups, vertical stirrup reinforcement, spiral reinforcement stirrups and stirrup bones tilted according to SNI-03-2847-2002 of the three types of vertical stirrup reinforcement is more commonly used in the concrete work because of the ease in implementation. For that the research will be carried out experimental studies comparing variations dash angled towards the shear strength of reinforced concrete beams. In this study will be made of 3 pieces slanted stirrups variations, ie sloping concrete beams cross bar welded middle (B2), sloping concrete beams cross bar latches satandar 135° (B3), concrete beam welding sloping top corner stirrups (B4) and 1 piece of concrete beams without cross bar that serves as a

control beam (B1) with dimensions of beams used 100x200x2200 mm, the tests performed by a single point loading in the middle of the span.

Based on the results of the 3 variations slanted stirrups, stirrups with slanting beam welding center (B2) was able to withstand the load $P_u = 44.72$ KN, shear force $V_u = 22.84$ KN and beam capacity rose 15.81%, sloping beams with stirrups standard hooks (B3) capable of withstanding the load $P_u = 53.625$ KN, shear force $V_u = 27.29$ KN and capacities up 38.89% beams, welded beams with stirrups sloping top corner (B4) capable of withstanding the load $P_u = 54.580$ KN, shear force $V_u = 27.87$ KN and beam capacity rose 41.88% of the beam without using stirrups.

Keywords: Diagonal stirrup, load (P_u), shear force (V_u), capacity beam.

PENDAHULUAN

Penulangan geser bertujuan untuk menahan gaya geser (gaya lintang) yang terjadi pada balok. Penulangan geser pada balok sering dikenal dengan penulangan sengkang. Ada beberapa macam tulangan sengkang pada balok, yaitu tulangan sengkang *vertikal*, tulangan sengkang *spiral*, tulangan sengkang *miring (diagonal)*. Dari ketiga bentuk tulangan sengkang tersebut di atas, bentuk tulangan sengkang vertikal lebih sering dipergunakan pada konstruksi balok beton bertulang karena faktor kemudahan pembuatan dan pelaksanaannya, Tulangan sengkang vertikal dalam pembuatannya disesuaikan dengan bentuk penampang balok beton yang akan dibuat. Untuk bentuk penampang balok beton persegi empat, maka tulangan sengkang dibuat membentuk persegi empat pula dengan ujung-ujung bengkokan yang saling bertemu. Ujung-ujung bengkokan tulangan sengkang vertikal dibuat membentuk sudut 135° sesuai dengan SKSNI dan ada yang dibuat membentuk sudut 90° yaitu yang sering dijumpai di pasaran. Berdasarkan bentuk bengkokan kedua jenis tulangan sengkang vertikal, dimungkinkan bentuk bengkokan yang membentuk sudut 135° akan lebih kuat ikatannya dibandingkan dengan bentuk bengkokan yang membentuk sudut 90° . Berdasarkan uraian tersebut penggunaan sengkang vertikal dengan variasi bengkokan sering di temui dan digunakan di lapangan, untuk itu pada penelitian ini akan membahas tentang sengkang miring (*diagonal*) pada balok beton bertulang dengan menggunakan tiga variasi sengkang, yaitu sengkang dilas pojok atas, sengkang dilas tengah dan sengkang kait 135° .

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kemampuan sengkang miring (*diagonal*) pada balok beton bertulang terhadap gaya geser yang bekerja dengan variasi sengkang dilas dan sengkang kait 135° .
2. Mengetahui Kelebihan dan kekurangan penggunaan sengkang miring (*diagonal*) dengan variasi sengkang dilas dan sengkang kait 135°

TINJAUAN PUSTAKA

Tulangan geser

Pada umumnya tulangan plat badan (sengkang) yang sering digunakan dilapangan adalah tulangan geser vertikal (*vertikal stirrup*) dikarenakan kemudahan dari

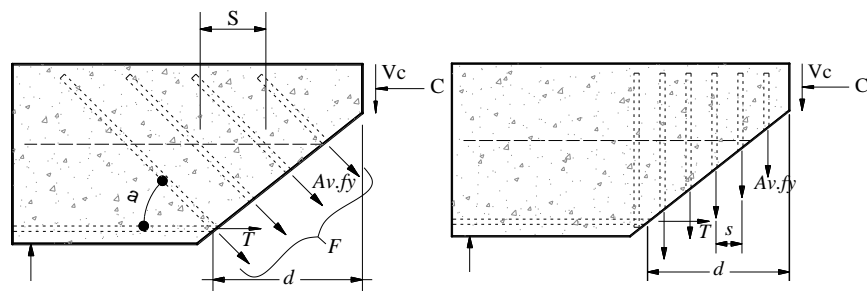
pelaknasanaannya, tulangan geser berupa baja tulangan yang berdiameter kecil berkisar antara diameter 6, 8, 10, 12 mm atau dapat berupa jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial penampang. Senggang miring untuk komponen struktur non pratekan dapat berupa tulangan longitudinal yang dibengkokkan membentuk sudut 30° atau lebih terhadap arah tulangan tarik longitudinal.

Fungsi tulangan geser (senggang) adalah untuk :

1. Menahan sebagian gaya geser pada bagian yang retak.
2. Mencegah penjaralan retak diagonal sehingga tidak menerus ke bagian tekan beton.
3. Memberi kekuatan tertentu terhadap terlepasnya beton, karena umumnya senggang mengikat tulangan longitudinal sehingga membentuk suatu beton yang lebih masif.

Menurut *Dipohusodo (1994)*, mekanisme perlawanan geser dalam komponen struktur beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Adanya perlawanan geser beton sebelum terjadi retak.
2. Adanya gaya ikatan antar agregat (pelimpahan geser antar permukaan butir) ke arah tangensial di sepanjang retakan, yang serupa dengan gaya gesek akibat saling ikat antar agregat yang tidak teratur di sepanjang permukaan beton kasar.
3. Timbulnya aksi pasak tulangan memanjang sebagai perlawanan terhadap gaya transversal yang harus ditahan.
4. Terjadinya perilaku pelengkung pada balok yang relatif lebih tinggi, di mana segera setelah terjadi retak miring, beban yang dipikul oleh susunan reaksi gaya tekan yang membentuk busur melengkung dengan pengikatnya (tali busur) adalah gaya tarik di sepanjang tulangan memanjang yang ternyata memberikan cadangan kapasitas cukup tinggi.
5. Adanya perlawanan penulangan geser yang berupa senggang vertikal ataupun miring (untuk balok bertulangan geser).

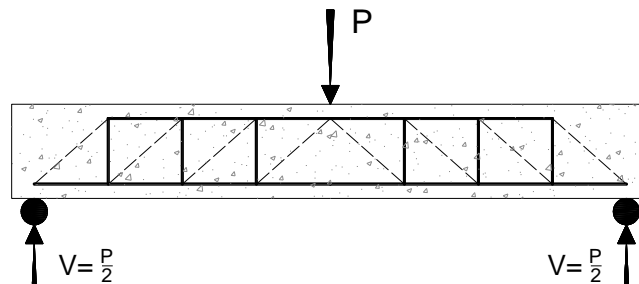


Gambar perlawanan senggang terhadap geseran

Mekanisme analogi rangka

Analogi rangka merupakan konsep lama dari struktur beton bertulang. Konsep ini menyatakan bahwa balok beton bertulang dengan tulangan geser dikatakan berperilaku seperti rangka batang sejajar statis tertentu dengan sambungan sendi. Beton tekan lentur dianalogikan sebagai batang atas rangka batang, sedangkan tulangan tarik sebagai batang bawah. Web rangka batang tersusun dari senggang

sebagai batang tarik vertikal dan bagian beton antara retak tarik diagonal mendekati 45° bekerja sebagai batang tekan diagonal. Tulangan geser yang digunakan berperilaku seperti batang web dari suatu rangka batang.



Gambar Mekanisme analogi rangka

Keruntuhan lentur akibat kondisi batas (Ultimate)

perencanaan kuat batas adalah yang pertama digunakan dalam perencanaan struktur beton. Untuk dapat mengetahui beban atau momen batas (Ultimate) dapat dicari secara langsung berdasarkan percobaan uji beban tanpa perlu mengetahui besaran atau distribusi tegangan internal pada penampang struktur yang diuji. Untuk menjelaskan definisi atau pengertian mengenai apa yang dimaksud dengan kuat batas atau kuat ultimate, maka akan ditinjau struktur balok beton bertulang yang diberi beban terpusat secara bertahap sampai runtuh.

Keruntuhan lentur dapat terjadi dalam tiga macam diantaranya:

1. Keruntuhan tarik (*under reinforce*) yaitu tulangan baja leleh terlebih dahulu sebelum beton mengalami kehancuran/ pecah $\epsilon_s > \epsilon_y$.
2. Keruntuhan tekan (*over reinforce*) yaitu keruntuhan yang dimulai dari hancurnya beton terlebih dahulu sedangkan baja tulangan belum mencapai kondisi leleh $\epsilon_s < \epsilon_y$.
3. Keruntuhan berimbang (*balans*) keruntuhan ini terjadi jika baja dan beton telah mencapai kuat batasnya, yaitu apa bila regangan baja sama dengan regangan beton $\epsilon_s = \epsilon_y$.

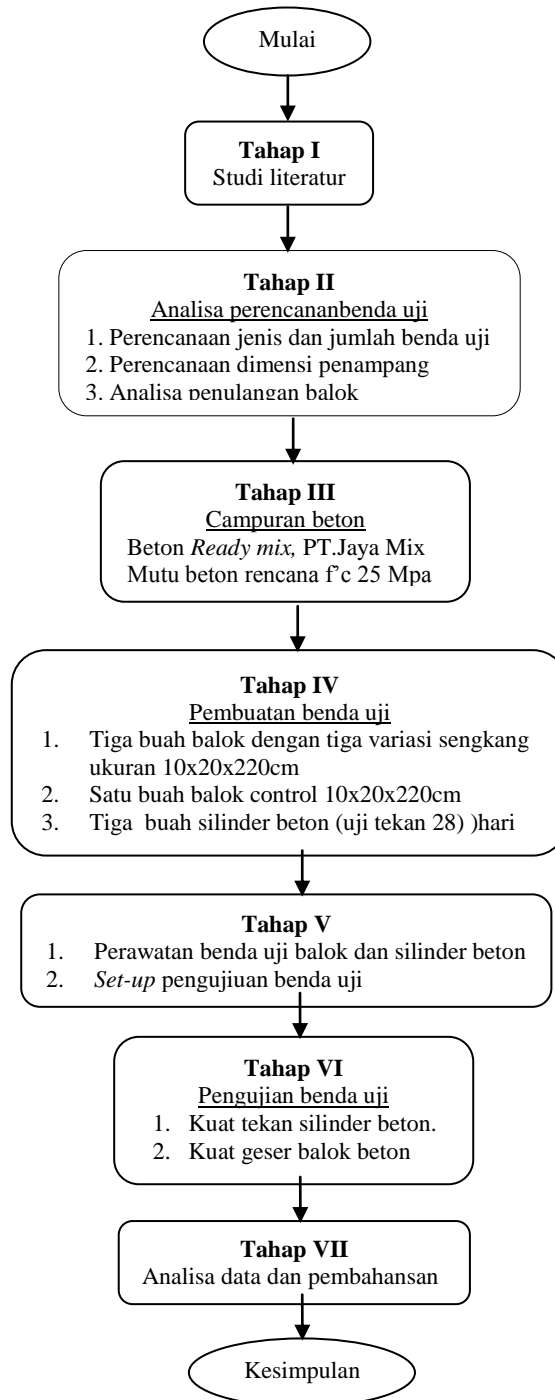
Keruntuhan akibat geser

Keruntuhan akibat geser pada pembebanan balok, diketahui bahwa transfer beban ketumpuan melampaui mekanisme momen lentur dan gaya geser yang terjadi secara bersamaan.

Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Perhatikan pada daerah lentur murni, retak yang terjadi cenderung berorientasi vertikal. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat duktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi lebih dahulu.

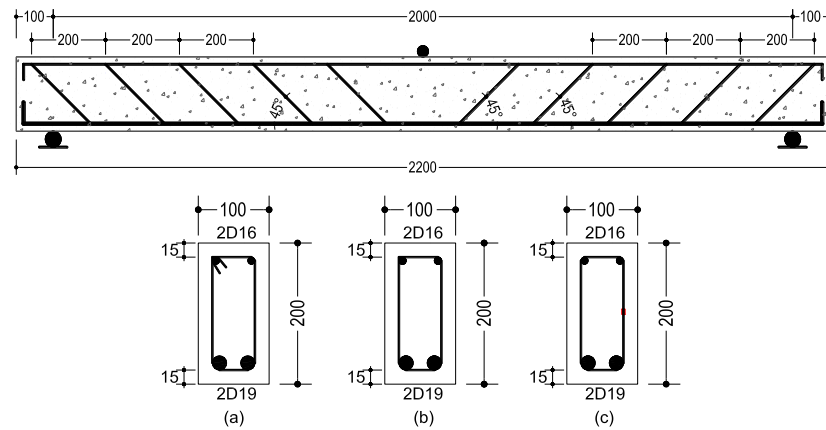
METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum metodologi penelitian dalam penelitian ini di bagi dalam beberapa tahapan, mulai dari tahapan perencanaan penampang balok hingga ke *set-up* pengujian kuat geser benda uji.



Gambar diagram alir metodologi penelitian

Pada penelitian ini akan dibuat 4 buah benda uji dengan 3 macam variasi sengkang miring yaitu balok beton tanpa tulangan geser (B1), balok beton dengan sengkang las tengah (B2), balok beton dengan sengkang kait standar 135° (B3), balok beton dengan sengkang las pojok atas (B4). Dari hasil pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik baja tulangan didapatkan hasil kuat tekan beton 29,56 Mpa, kuat tarik baja tulangan $\phi 6$ sebesar 336,14 Mpa, D16 sebesar 448,03 Mpa dan D19 sebesar 412,21 Mpa.

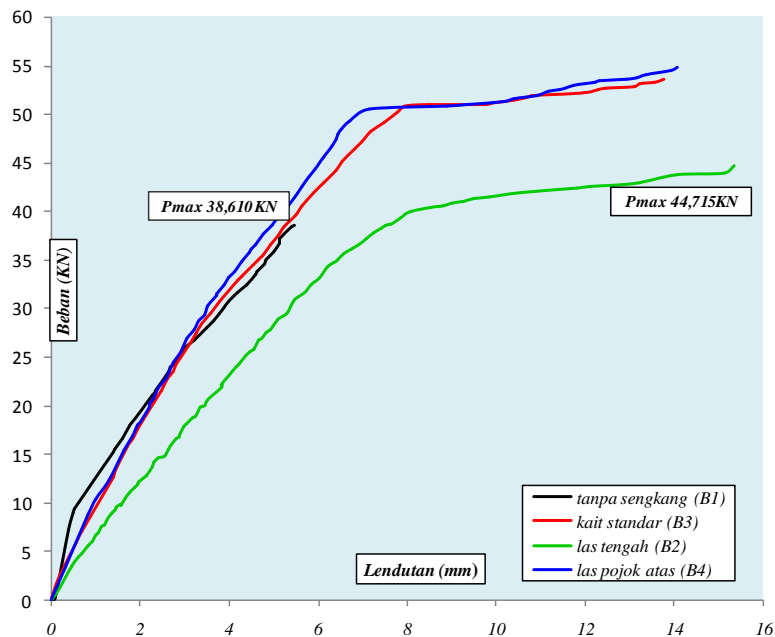


Gambar (a) Tulangan sengkang kait standartar 135°, (b) Tulangan sengkang dilas bagian pojok atas, (c) Tulangan sengkang dilas bagian tengah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian diagram beban-lendutan

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 *loger* memiliki satuan milimeter (mm) dan beban P dengan satuan KN, berdasarkan hasil pengujian dari ketiga variasi sengkang miring tersebut dihasilkan grafik sebagai berikut:



Grafik Perbandingan beban-lendutan tiap model variasi sengkang pada balok

Tabel Beban maksimum (P_{maks}) yang ditahan tiap model variasi sengkang miring pada balok

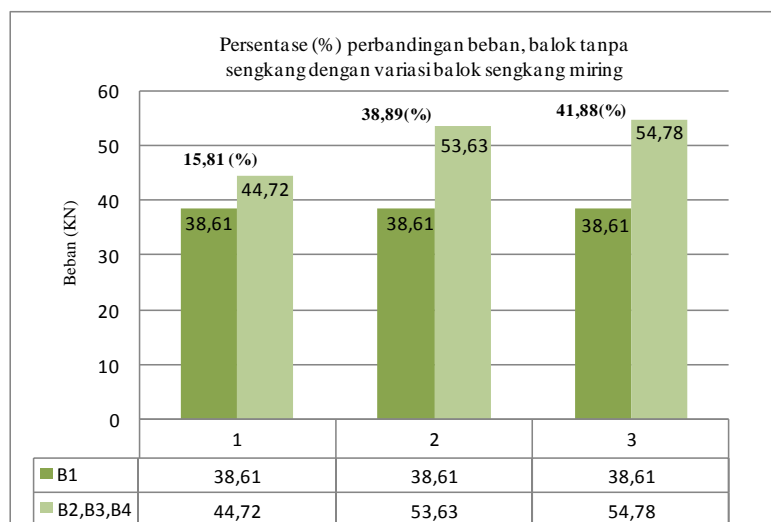
No	Kode	Jenis Benda uji	(P) Maksimum (KN)
1	B1	Balok tanpa sengkang	38,61
2	B2	Balok dengan sengkang las tengah	44,72
3	B3	Balok dengan sengkang kait standar (135)	53,63
4	B4	Balok denga sengkang las pojok atas	54,78

Tabel Beban geser maksimum (V_u Maks) yang ditahan tiap model variasi sengkang miring pada balok

No	Kode	Jenis Benda uji	(P) Maksimum (KN)	(V_u) maksimum
1	B1	Balok tanpa sengkang	38,61	19,79
2	B2	Balok dengan sengkang las tengah	44,72	22,84
3	B3	Balok dengan sengkang kait standar (135)	53,63	27,29
4	B4	Balok denga sengkang las pojok atas	54,78	27,87

Tabel Kuat geser (V_s) yang ditahan oleh sengkang tiap model variasi sengkang miring pada balok

No	Kode	Jenis Benda uji	(V_u) maksimum (KN)	(V_c) geser beton $1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$	(V_s) geser sengkang (KN)
1	B1	Balok tanpa sengkang	19,79	15,51	0,00
2	B2	Balok dengan sengkang las tengah	22,84	15,51	7,33
3	B3	Balok dengan sengkang kait standar (135)	27,29	15,51	11,79
4	B4	Balok denga sengkang las pojok atas	27,87	15,51	12,36

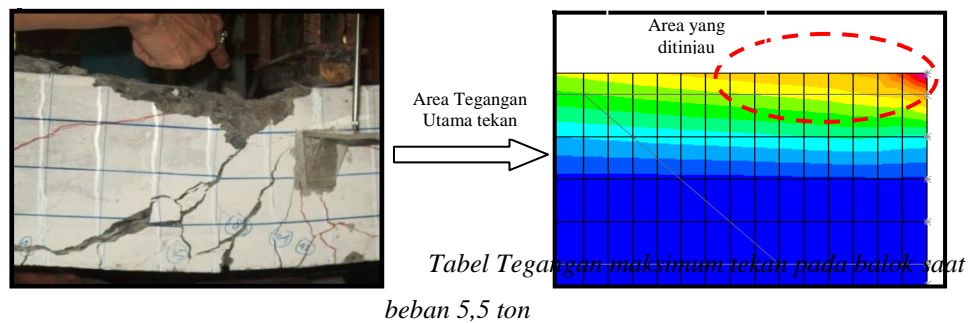


Grafik Perbandingan persentase (%) pertambahan kapasitas balok tiap model variasi sengkang

Berdasarkan hasil grafik kapasitas balok dengan sengkang las tengah naik sebesar 15,81%, kapasitas balok dengan sengkang kait standar naik sebesar 38,89% dan kapasitas balok dengan sengkang las pojok atas naik sebesar 41,88% dari kapasitas balok tanpa sengkang.

Kontrol balok beton bagian tekan berdasarkan analisis SAP

Hancurnya beton karena tertekan bisa disebabkan oleh gaya yang bekerja pada bagian tersebut melebihi dari kuat tekan beton itu sendiri, untuk itu perlu dilakukan pengecekan dengan analisis SAP apakah pada bagian pusat pembebanan mengalami kehancuran yang sama dengan hasil pengujian sebenarnya, dengan cara membandingkan tegangan maksimum yang terjadi di daerah tekan dengan hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari.



Area	Joint	σ_{11} (N/mm ²)	σ_{22} (N/mm ²)	σ_{12} (N/mm ²)	σ_1 (N/mm ²)	σ_2 (N/mm ²)	Kuat tekan beton (N/mm ²)	ke terangan
153	177	-20,8	0,0	-2,6	0,3	-21,1	-29,56	belum pecah
157	182	-21,3	0,0	-2,5	0,3	-21,6	-29,56	belum pecah
161	187	-21,9	0,0	-2,5	0,3	-22,2	-29,56	belum pecah
165	192	-22,5	0,0	-2,4	0,2	-22,8	-29,56	belum pecah
169	197	-23,2	0,0	-2,4	0,2	-23,4	-29,56	belum pecah
173	202	-23,8	-0,1	-2,6	0,1	-24,1	-29,56	belum pecah
177	207	-24,4	-0,4	-3,0	0,0	-24,8	-29,56	belum pecah
181	212	-24,5	-1,1	-4,1	-0,4	-25,2	-29,56	belum pecah
185	217	-23,0	-2,7	-6,2	-0,9	-24,7	-29,56	belum pecah
189	222	-22,7	-11,3	-3,4	-10,3	-23,6	-29,56	belum pecah
194	178	-40,1	-0,1	-0,5	-0,1	-40,1	-29,56	pecah
195	183	-41,0	-0,1	-0,5	-0,1	-41,0	-29,56	pecah
196	188	-41,9	-0,1	-0,5	-0,1	-41,9	-29,56	pecah
197	193	-42,8	-0,1	-0,4	-0,1	-42,8	-29,56	pecah
198	198	-43,8	-0,1	-0,4	-0,1	-43,8	-29,56	pecah
199	203	-44,8	0,0	-0,3	0,0	-44,8	-29,56	pecah
200	208	-46,0	-0,1	-0,2	-0,1	-46,0	-29,56	pecah
201	213	-47,8	0,1	-0,6	0,1	-47,9	-29,56	pecah
202	218	-49,4	-2,3	-1,3	-2,3	-49,4	-29,56	pecah
203	223	-49,6	3,9	-15,2	7,9	-53,6	-29,56	pecah

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas bagian balok yang mengalami tekan paling besar terdapat pada area 194-203, dimana pada area tersebut beton mengalami tegangan tekan yang paling besar melebihi dari kekuatan tekan beton itu sendiri sehingga mengakibatkan beton pecah tekan, jika dibandingkan antara

hasil pengujian eksperimental dengan hasil analisis SAP, menunjukkan adanya kesamaan pada bagian serat tekan atas balok mengalami kerusakan saat di beri pembebanan.

Kontrol tegangan baja tulangan berdasarkan hasil analisis SAP

Tegangan yang terjadi pada tulangan baja dapat diketahui dari hasil analisis SAP dengan cara melihat gaya dalam (*axial force*) yang bekerja pada elemen tulangan tersebut, dengan demikian dapat diketahui tegangan yang terjadi didalam tulangan baja apakah tulangan sudah mencapai leleh (f_y) atau belum leleh dengan cara gaya dalam dibagi dengan luas tulangan baja. Tujuan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada tulangan baja adalah agar dapat melihat perilaku dari balok tersebut, apakah balok berperilaku *under reinforced* sesuai dengan rencana awal atau balok berperilaku *over reinforced*.



Gambar Axial force pada baja tulangan

Gambar diatas bagian yang berwarna merah menunjukkan kondisi tertekan sedangkan warna kuning menunjukkan kondisi tarik pada baja tulangan, untuk lebih jelas tegangan yang terjadi pada baja tulangan dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel Tegangan baja tulangan sengkang saat beban 5 ton

Kode	F (N)	As $\varnothing 6$	Tegangan SAP (Mpa)	Fy baja penelitian (Mpa)	ke t e r a n g a n
S1	2282,81	21,24	107,49	336,14	Belum leleh
S2	1850,88	21,24	87,15	336,14	Belum leleh
S3	1448,8	21,24	68,22	336,14	Belum leleh
S4	1042,81	21,24	49,10	336,14	Belum leleh
S5	689,4	21,24	32,46	336,14	Belum leleh

Tabel Tegangan baja tulangan sengkang saat beban 5 ton

Kode	F (N)	As $\varnothing 19$	Tegangan SAP (Mpa)	Fy baja penelitian (Mpa)	ke t e r a n g a n
L1	90906,25	283,53	320,62	412,21	Belum leleh
L2	82209,91	283,53	289,95	412,21	Belum leleh
L3	62225,7	283,53	219,47	412,21	Belum leleh
L4	43466,84	283,53	153,31	412,21	Belum leleh
L5	24613,16	283,53	86,81	412,21	Belum leleh
L6	4359,11	283,53	15,37	412,21	Belum leleh

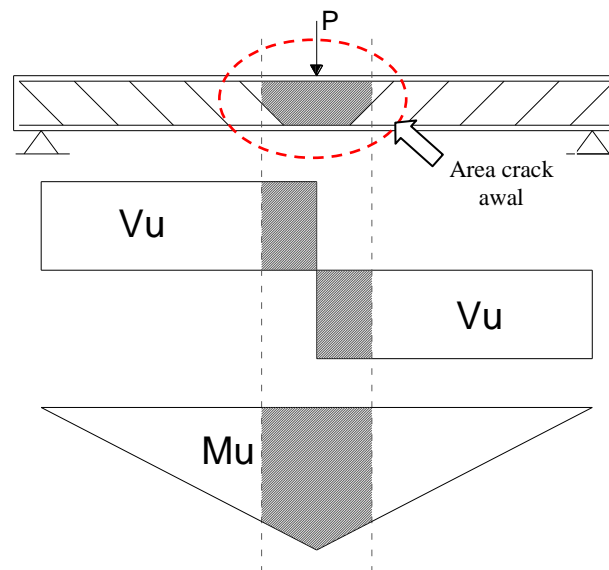
Berdasarkan hasil dari tabel analisis SAP diatas dapat diambil kesimpulan bahwa baja tulangan sengkang dan baja tulangan utama tarik belum mengalami leleh saat

beban 5 ton, terbukti pada saat beban maksimum tegangan pada tulangan tarik belum melebihi tegangan leleh baja sebesar f_y 412.21 Mpa. Jika dibandingkan dengan perencanaan awal yang mana baja tulangan tarik terlebih dahulu leleh sebelum beton mencapai kehancuran (*under reinforced*), dengan dilakukannya analisis dinyatakan bahwa tulangan tarik belum mencapai leleh sesuai dengan yang direncanakan balok menjadi (*over reinforced*).

Faktor-faktor penyebab balok menjadi *over reinforced*

Terjadinya penyimpangan dari perencanaan awal balok yang direncanakan agar berperilaku *under reinforced*, ternyata setelah dilakukan pengujian dan pendekatan analisis menunjukkan bahwa tulangan tarik belum mencapai tegangan leleh sedangkan beton telah hancur terlebih dahulu sehingga balok berperilaku *over reinforced*, setelah dilakukan pengamatan baik secara langsung maupun tidak langsung dapat diambil kesimpulan penyebab balok menjadi *over reinforced* adalah.

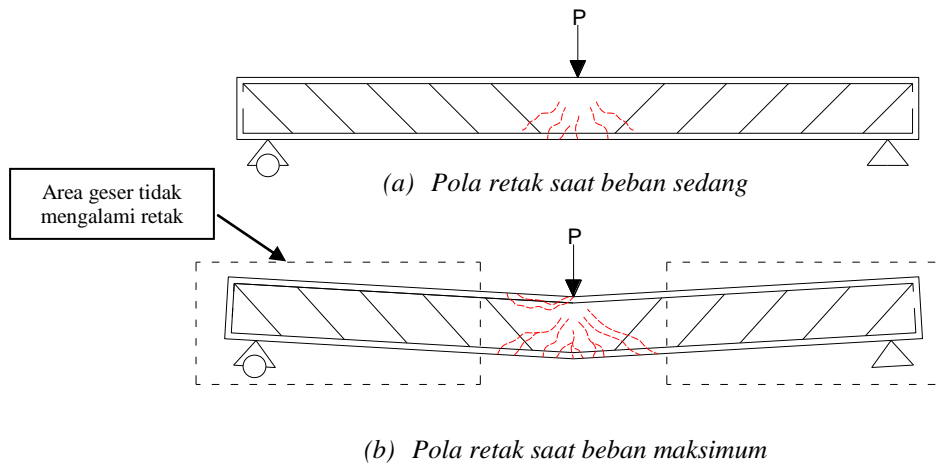
Tidak adanya kontribusi dari tulangan sengkang pada bagian tengah balok, dengan penggunaan satu titik pembebanan mengakibatkan gaya geser maksimum dan momen maksimum terpusat pada bagian tengah bentang.



Bidang geser, bidang momen balok dan Area crack awal pada balok beton

Dengan terpusatnya semua gaya pada satu titik mengakibatkan *crack* awal terjadi pada bagian tengah bentang dan menyerang bagian yang lemah pada balok, terlihat pada *gambar diatas* Bagian yang lemah pada balok terdapat pada area tengah bentang/ area yang di arsir dimana pada bagian tersebut tidak adanya kontribusi dari tulangan sengkang dalam menahan gaya geser, dengan bertambahnya beban yang diterima balok maka *crack* yang terjadi pada bagian/ area yang lemah semakin bertambah, dengan bertambahnya *crack* pada daerah tersebut mengakibatkan beton terlebih dahulu mengalami kehancuran sebelum tulangan baja tarik mencapai tegangan leleh ($\epsilon_y > \epsilon_s$) sehingga beton menjadi *over reinforced*. Beton yang hancur terlebih dahulu pada bagian tengah bentang mengakibatkan

bagian balok pada area tumpuan tidak mengalami kerusakan (retak geser) karena tidak adanya transfer gaya-gaya yang bekerja dari tengah bentang, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Berdasarkan gambar diatas pada area tumpuan tidak mengalami retak akibat beban geser yang bekerja pada balok, karena gaya-gaya yang bekerja pada balok terkonsentrasi atau terpusat pada bagian tengah balok, sehingga transferan gaya geser ketumpuan menjadi berkurang dikarenakan pada area lentur beton telah mencapai regangan maksimum (beton telah hancur). Sehingga dapat di ambil kesimpulan pada pengujian eksperimental ini tulangan sengkang miring las pojok atas, las tengah dan kait standar belum berfungsi sebagai mana mestinnya dalam menahan gaya geser.

KESIMPULAN

Hasil dari pengujian Eksperimental perbandingan variasi sengkang miring terhadap kuat geser balok beton bertulang, berdasarkan analisa dan pembahasan pada Bab IV dapat diambil kesimpulan bahwa hasil dari penelitian ini tidak sesuai/ terjadinya penyimpangan dari tujuan awal penelitian, seperti yang tertulis pada Bab I penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing variasi sengkang miring terhadap gaya geser yang bekerja pada balok.

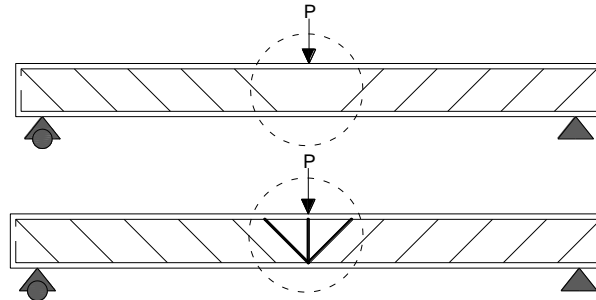
Terjadinya penyimpangan dari tujuan awal penelitian ini mengakibatkan ketiga variasi sengkang miring yaitu sengkang las pojok atas, sengkang las tengah dan sengkang kait standar belum berfungsi sebagai mana mestinya dalam menahan gaya geser, sehingga belum bisa dipastikan dari ketiga variasi sengkang ini mana yang paling kuat dalam menahan gaya geser.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Penggunaan satu titik pembebanan dalam pengujian mengakibatkan gaya geser maksimum dan momen maksimum terpusat pada bagian tengah bentang, untuk mengatasi terjadinya retak pada area tengah

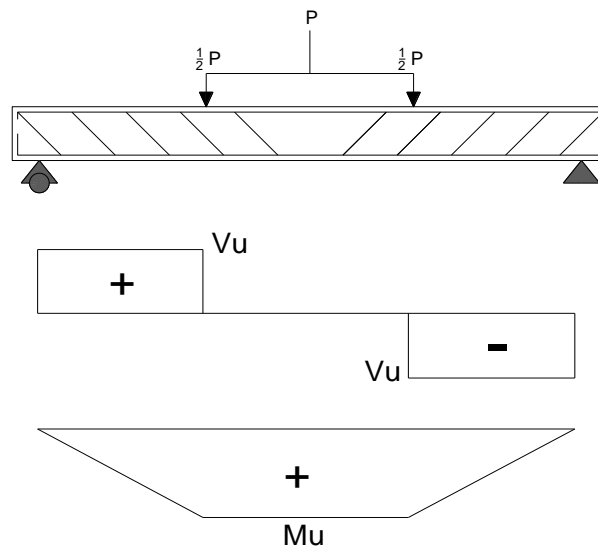
bentang bisa dilakukan dengan cara menambah tulangan sengkang pada bagian tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



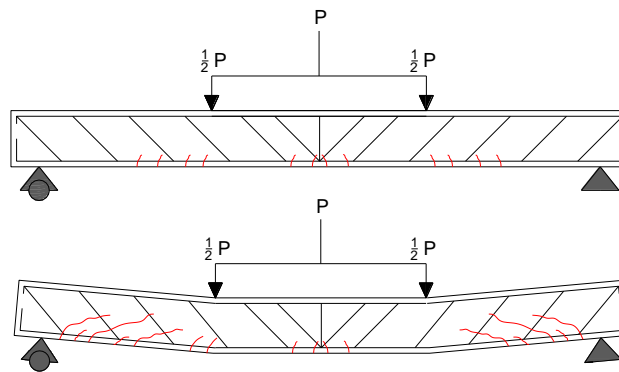
Gambar Posisi penambahan tulangan sengkang

Dengan di tambahnya tulangan sengkang pada bagian tengah bentang balok, dimungkinkan adanya kontribusi/ perlawanan dari sengkang pada area tersebut terhadap gaya-gaya yang bekerja saat dilakukan pembebanan.

2. Menggunakan dua titik pembebanan, penggunaan dua titik pembebanan bertujuan untuk memperkecil gaya geser yang terjadi pada area tengah bentang balok, sehingga gaya-gaya yang bekerja pada balok tidak terkonsentrasi/ terpusat pada satu titik, dengan demikian pada area tengah bentang balok hanya dipengaruhi oleh lentur dan gaya geser maksimum hanya bekerja pada area tumpuan balok. Berdasarkan penjelasan diatas dimungkinkan retak geser akan terjadi pada area tumpuan balok, sehingga adanya perlawanan dari tulangan sengkang dalam menahan gaya geser yang terjadi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar Bidang geser dan bidang momen pada 2 tumpuan



Gambar Simulasi retak geser balok dengan 2 titik tumpuan

- Peranan dari mekanisme analogi rangka (*truss analogy*) pada balok bisa merubah formulasi dari ρ balance.

merupakan suatu solusi untuk mengatasi agar tidak terjadinya Dengan adanya saran-saran diatas merupakan suatu solusi untuk mengatasi agar tidak terjadinya penyimpangan/ kegagalan dalam melakukan pengujian terutama dalam melakukan pengujian terhadap kuat geser balok, untuk itu perlu adanya kajian lebih lanjut tentang penelitian kuat geser balok dengan sengkang miring ini, agar bisa menggali dan mendapatkan informasi yang lebih akurat untuk menambah wawasan didalam ilmu penelitian khususnya pada dunia teknik sipil.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI, *Building Code Requirements For Structural Concrete (aci 318-05) and Commentary (aci 318r-05)*
- Basuki, dan hidayati nurul, 2008. *Tinjauan Variasi Bungkam Ujung-Ujung Tulangan Sengkang Vertikal Model SNI Dan Model Pasaran Terhadap Kuat Geser Pada Balok Beton Bertulang*. <http://eprints.ums.ac.id/1073/>
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Erwin Rommel, 2006. *Pengaruh Jumlah Tulangan Bagi Dan Arah Sengkang Pada Kemampuan Geser Balok Tinggi*. <http://eprints.ums.ac.id/59/>.
- G. MacGregor, James. 1997. *Reinforced Concrete Mechanics and Design Third Edition*: Prentice-Hall, Inc. New Jersey
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*, Yogyakarta
- Park, R and T. Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structure*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- SNI-03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Wang, chu-kia dan Charles G. Salmon. 1986. *Disain Beton Bertulang - Kekuatan Geser Dan Tulangan Geser*.
- Wiryanto Dewobroto, artikel, *Simulasi Keruntuhan Balok Beton Bertulang*.