

# PERKUATAN GESER BALOK DENGAN SERPIHAN BESI UNTUK MENGHEMAT TULANGAN DAN BIAYA DI ERA NEW NORMAL SETELAH PANDEMI COVID-19

Herlina Susilawati<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta, Indonesia

## Corresponding Author:

Email: [herlina@janabadra.ac.id](mailto:herlina@janabadra.ac.id)

## Keywords:

analysis, strength, safety, Experimental Study, Reinforced Concrete Beams without stirrups, Tensile Reinforcement Ratio, Shear Capacity, Slat/iron filings reinforcement

Received :

Revised :

Accepted :

**Abstract:** Damage that occurs in building structures is a problem that often occurs, especially damage to beams. Beams are a very important structural element in buildings. Collapse that occurs in beams is generally caused by shear forces, because collapse caused by shear forces occurs suddenly because concrete is brittle. Handling that can be done one of which can be done by handling the shear reinforcement in the beam with reinforcement so that the beam can withstand the working load. One of the methods used to overcome damage to beams is by providing strength or in the form of mixed materials in the form of flakes/iron filings. The purpose of this study was to determine the effect of beam strength on the shear capacity of reinforced concrete beams. The benefits of this research are expected to contribute to science, in particular to become recommendations for strengthening structures. 6 specimens were used with variations in tensile reinforcement and there were 3 beams that did not use iron flakes/fibers and 3 beams used flakes/iron filings reinforcement. Based on the results of the research obtained, the greater the value of the reinforcement ratio given, the greater the stiffness of the specimen, but the greater the value of the tensile reinforcement ratio given will not affect the shear capacity of a reinforced concrete beam.

Copyright © 2023 POTENSI-UNDIP

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan merupakan masalah yang sering terjadi, terutama kerusakan pada balok. Balok merupakan elemen struktur yang sangat penting pada bangunan. Keruntuhan yang terjadi pada balok pada umumnya diakibatkan oleh gaya geser, karena keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser terjadi tiba-tiba karena beton bersifat getas [1].

Penanganan yang dapat dilakukan salah satunya dapat dilakukan dengan menangani tulangan geser pada balok dengan perkuatan sehingga balok dapat menahan beban yang bekerja. Salah satu metoda yang digunakan untuk mengatasi kerusakan pada balok adalah dengan memberikan kekuatan atau berupa bahan campuran yang berupa serpihan besi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kekuatan balok terhadap kapasitas geser balok beton bertulang. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam ilmu pengetahuan, khususnya menjadi rekomendasi untuk perkuatan struktur.

Benda uji yang digunakan sebanyak 6 buah dengan variasi tulangan tarik dan terdapat 3 balok yang tidak menggunakan serbuk besi dan 3 balok menggunakan pekuatan serbuk besi. Berdasarkan hasil dari penelitian yang didapatkan, semakin besar nilai rasio tulangan yang diberikan maka kekakuan pada benda uji juga semakin besar, tetapi semakin besar nilai rasio tulangan tarik yang diberikan tidak akan mempengaruhi dari kapasitas geser suatu balok beton bertulang.

### Identifikasi Masalah

Kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan merupakan masalah yang sering terjadi, terutama kerusakan pada balok. Balok merupakan elemen struktur yang sangat penting pada

bangunan. Keruntuhan yang terjadi pada balok pada umumnya diakibatkan oleh gaya geser, karena keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser terjadi tiba-tiba karena beton bersifat getas [1].

Permasalahan yang dihadapi pada saat ini adalah banyak dijumpai kerusakan bangunan sedangkan saat kondisi ini yaitu setelah terjadinya pandemi ini banyak dijumpai peningkatan seluruh biaya terutama harga material bangunan yang melonjak cukup tinggi. Oleh sebab itu akan dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan yang relatif murah salah satunya dengan serpihan besi.

### **Batasan Masalah**

Penelitian diharapkan sesuai dengan tujuan, untuk itu diperlukan batasan masalah yang dapat menyederhanakan permasalahan yang ada. Adapun batasan masalah tersebut adalah :

1. Benda uji berupa balok
2. Kekuatan geser
3. Perkuatan dengan serpihan besi
4. Balok tanpa serpihan besi

### **Rumusan Masalah**

Setelah dilakukan pembatasan terhadap permasalahan, maka disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah dengan menggunakan perkuatan serpihan besi bangunan cukup aman?
2. Apakah dengan menggunakan serpihan besi tidak terjadi geser?
3. Bagaimana jika tanpa menggunakan serpihan besi terjadi geser dan bahkan tidak aman?
4. Apakah yang akan terjadi jika dilakukan perbedaan balok yang digunakan karena mengingat membuat benda uji dengan dan tanpa serpihan besi?

### **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam menganalisis perhitungan kuat geser balok sebagai alternatif dalam perencanaan perkuatan balok yang digunakan. Adapun manfaat tersebut adalah :

1. Serpihan besi tidak terbuang sia-sia dan lebih sering digunakan untuk perencanaan pembangunan.
2. Serpihan besi lebih mudah dikerjakan dan lebih cepat dikerjakan karena tanpa harus membengkokkan besi

### **Kajian Riset Sebelumnya**

Beberapa peneliti sebelumnya belum pernah melakukan penelitian geser dengan serpihan besi.

## **2. DATA DAN METODE**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Konstruksi balok dengan beton bertulang digunakan apabila bobot bangunan cukup besar. Jika daya dukung tanah kecil dan untuk memperdalam dasar pondasi tidak memungkinkan, maka pondasi foot plat beton bertulang bisa menjadi solusi [2]

Bentuk balok pada kedua tepinya menonjol ke luar dari bidang tembok karena kedua sisinya mungkin akan melentur disebabkan oleh tekanan tanah. Agar tidak melebar dan turun, maka pada kaki pondasi diberi tulangan yang diletakkan tepatnya di daerah tarik bagian bawah yang disebut dengan tulangan pokok [3].

Bahan balok ini terbuat dari beton bertulang sama dengan bahan untuk pembuatan balok atau plat lantai. Untuk menentukan dimensi pondasi ini perlu perhitungan konstruksi beton bertulang oleh ahli struktur [4].

Besar diameter tulangan pokok menggunakan besi  $\emptyset$  13 –  $\emptyset$  16 mm dengan jarak 10 cm– 15 cm, sedangkan untuk arah memanjang dipasang tulangan pembagi  $\emptyset$  6 –  $\emptyset$  8 mm dengan jarak sekitar 20 cm – 25 cm. Campuran beton untuk pondasi foot plat ini adalah 1 PC : 2 pasir : 3 kerikil dan untuk lantai kerja sebagai peletakan tulangan dibuat beton dengan campuran 1 PC : 3 pasir : 5 kerikil setebal 6 cm [5].

Luas bidang balok sebagai perkuatan berupa bujur sangkar atau persegi panjang. Telapak kaki yang berbentuk bujur sangkar biasanya terletak di bawah kolom bangunan bagian tengah. Sedangkan yang berbentuk persegi panjang biasanya ditempatkan pada bawah kolom pinggir bangunan atau samping agar lebih stabil [6]

Luas balok ini tergantung pada perhitungan beban bangunan yang diterima dan daya dukung tanah ( $\sigma$  tanah) pada lokasi bangunan yang diperkenankan. Apabila daya dukung tanahnya semakin besar, maka luas pelat kaki pondasi foot plat dapat dibuat lebih kecil [7]

Balok beton terdiri dari sejumlah beton panjang yang ditanam seperti akar pohon kelapa dalam tanah. Di atas beton tersebut dipasang sebuah plat beton yang ditautkan menggunakan baja pengait. Menghasilkan pipa-pipa beton yang terhubung satu sama lainnya. Plat beton inilah yang menjadi landasan bangunan besar dengan daya dukung berat hingga 2000 ton [8].

Balok beton sangat diunggulkan karena mampu menopang beban di tanah yang lembek atau berawa, seperti Ancol dan wilayah Jakarta Utara lainnya. Selain itu, dapat dibuat di bawah air dan di atas empang ikan. Dari sisi efektifitas, pemilihan konstruksi dengan pondasi cakar ayam mampu mengurangi biaya pembangunan, material yang dibutuhkan, serta waktu pengerjaan, dibandingkan dengan pembangunan menggunakan jenis pondasi lainnya [8]

Pada rumah 2 lantai memiliki peran penting yaitu berfungsi sebagai penguat struktur bangunan di atasnya. Balok dan fondasi ini memiliki fungsi menahan beban vertical seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa lalu meneruskannya ke tanah. Dalam merencanakan pondasi telapak harus memenuhi syarat-syarat dan segala tanda aspek keamanan yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku di Indonesia, seperti penentuan ukuran pondasi yang memenuhi panjang, lebar dan ketebalan pondasi [9].

Berikut ini merupakan visualisasi gambar dari kerusakan gedung akibat gempa dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 11 kerusakan gedung akibat gempa

(Sumber: <https://www.voaindonesia.com/a/jumlah-korban-tewas-naik-jadi-6-akibat-gempa-di-taiwan/4242624.html>)

Balok merupakan salah satu dari komponen dari struktur yang dapat mengalami penurunan kekuatan akibat terjadinya beberapa faktor di atas. Balok adalah komponen penting pada struktur bangunan, jadi diperlukan penanganan yang serius yang harus diberikan pada balok apabila terjadi kerusakan. Apabila kerusakan yang terjadi pada elemen struktur tidak diatasi secara cepat dan tepat akan mengakibatkan keruntuhan pada bangunan tersebut. Keruntuhan pada balok sangatlah perlu diperhatikan adalah keruntuhan geser, karena keruntuhan yang diakibatkan oleh gaya geser akan terjadi secara tiba-tiba karena beton bersifat getas, tidak daktil. Hal ini menyebabkan keruntuhan geser sangat dihindari pada saat mendisain.

Perkuatan pada struktur merupakan langkah yang dilakukan untuk mencegah terjadinya keruntuhan struktur pada bangunan tersebut. Perkuatan struktur yang dapat diberikan apabila menyebabkan berkurangnya kapasitas kekuatan dari bangunan tersebut dan menyebabkan bangunan tersebut tidak daktil lagi.

Peningkatan kekuatan struktur pada infrastruktur teknik sipil telah menjadi sebuah isu yang penting dalam kurun waktu 10 tahun terakhir ini. Kehancuran pelat jembatan, balok-balok, kolom, gedung dan lain-lain umumnya disebabkan karena umur, lingkungan yang mempengaruhi penurunan kekuatan struktur, desain awal yang lemah atau kurang, kelemahan perawatan, dan kejadian-kejadian alam seperti gempa. Oleh karena itu perkuatan struktur akan menjadi salah satu jawaban dari keinginan untuk menjadikan struktur lebih kuat dan memenuhi persyaratan keamanan serta kekuatan. Perkembangan-perkembangan material yang baru serta metode dan teknik perkuatan struktur telah banyak dilakukan penelitian [10]

Salah satu material untuk perkuatan struktur adalah penggunaan serpihan besi. Serpihan besi merupakan material yang menjanjikan dalam industri perbaikan konstruksi. Material ini bisa diperoleh dalam bentuk serpihan tak beraturan yang dalam penggunaannya diaplikasikan dengan

resin atau epoxy. Material ini telah banyak dipergunakan dan telah diterapakan penggunaannya dalam ribuan atau jutaan aplikasi di dunia. Metode tradisional dengan menggunakan material pelat baja yang diikat dengan epoxy pada struktur balok beton bertulang pada daerah Tarik masih sering dipergunakan. Namun lambat laun teknik atau metode ini mulai tergeser dengan hadirnya material baru. Dengan material ini perkuatan struktur dapat menghasilkan peningkatan kekuatan yang cukup substansial (aksial, geser, lentur, dan torsi).

Kekuatan geser kedua macam tulangan sengkang ini dipengaruhi oleh kekuatan geser beton ( $V_c$ ) dan juga beban geser yang bekerja pada balok beton bertulang ( $V_u$ ). Gaya geser yang ditahan beton pada komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja. Persamaan 1 pada 3.4-3 di Departemen Pekerjaan Umum, 1991, memberikan kapasitas kemampuan beton (tanpa penulangan geser) untuk menahan gaya geser adalah  $V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$V_c$  = kuat geser beton (N)

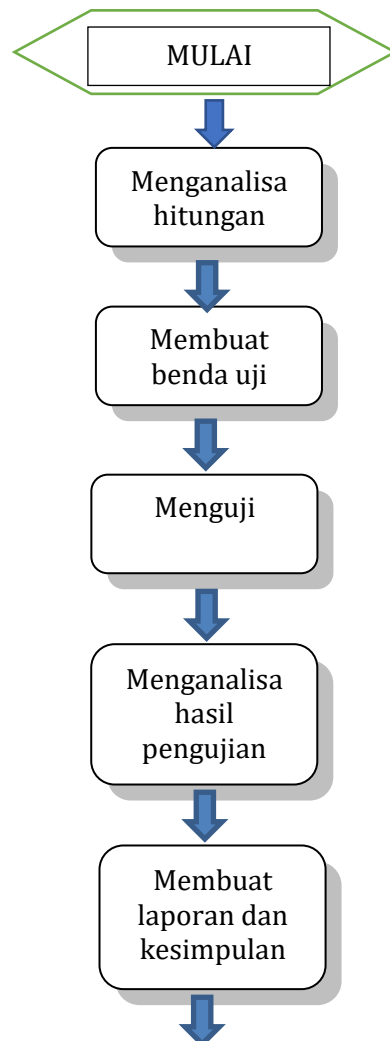
$f'_c$  = kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

$b_w$  = lebar efektif penampang balok (mm)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perkuatan terhadap peningkatan kekuatan geser balok beton bertulang dan mempelajari perilaku retak balok beton bertulang tanpa perkuatan.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian awal untuk selanjutnya akan membuat benda uji berupa balok dengan dan tanpa serbuk besi. Analisis dilakukan secara bertahap dengan membuat benda uji. Adapun metode penelitian dilakukan seperti Gambar diagram alir rencana penelitian dibawah ini:



SELESAI

Gambar 1.2 Flowchart Penelitian  
Sumber: Penelitian

Pada penelitian ini dipergunakan 6 buah balok beton bertulang dengan konfigurasi penulangan dengan dan tanpa perkuatan geser dengan penambahan serpihan besi.

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

- 1) Semen merk Dinamit
- 2) Pasir, berasal dari Progo, Jogjakarta
- 3) Kerikil, berasal dari Progo
- 4) Air, berasal dari sumur
- 5) Tulangan baja, berasal dari toko bahan bangunan
- 6) Serpihan berasal dari pengepul besi/sisa di toko rakitan besi, dll
- 7) *Bekesting* untuk cetakan balok beton bertulang digunakan kayu sengon

Berikut ini merupakan gambar hasil pembuatan beton balok uji dengan tanpa dan dengan tulangan dan serpihan besi.

Berikut merupakan gambar alat pembengkok besi manual.



Sumber: Pengujian

Benda uji yang lain menggunakan serpihan besi, berikut gambar serpihan besi yang digunakan. Gambar serpihan besi yang digunakan.



*Sumber: Pengujian*

Berikut gambar rakitan tulangan balok yang akan digunakan dalam penelitian adalah:



Gambar 1.3 rakitan tulangan balok yang akan digunakan dalam penelitian.

*Sumber: Pengujian*

Berikut ini merupakan Gambar balok tulangan yang telah dicor



Gambar 1.4 balok tulangan yang telah dicor

*Sumber: Pengujian*

Berikut ini Gambar balok dengan serpihan besi yang telah dicor



Gambar 1.5 balok dengan serpihan besi yang telah dicor

*Sumber: Pengujian*

Berikut ini merupakan Gambar balok tulangan yang telah dibuka bekistingnya



Gambar 1.6 balok tulangan yang telah dibuka bekistingnya

Sumber: Pengujian

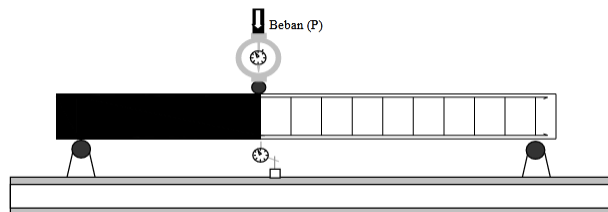
Berikut ini Gambar balok dengan serpihan besi yang telah dibuka bekistingnya



Gambar 1.7 balok dengan serpihan besi yang telah dibuka bekistingnya

Sumber: Pengujian

Berikut Gambar balok pengujian



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian geser dengan tulangan dan serpihan besi dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 1.1 Hasil Pengujian

NO	BALOK	1 P (KN)	2 P (KN)	Beban geser rata- rata ( $V_u$ ) P (KN)
1	Balok dengan tulangan	64	66	65,13
2	Balok dengan serpihan besi	60,35	65,31	62,83
3	Balok tanpa tulangan dan serpihan	25	33	29,67

Sumber: Penelitian

Berdasarkan Tabel 3.1. di atas terlihat bahwa semua balok uji mempunyai  $V_u$  maksimal rata-rata. dari hasil pengujian menunjukkan lebih kecil nilainya dibandingkan dengan  $V_u$  rata-rata analitis, tapi ada juga satu sampel yang mempunyai  $V_u$  maksimal rata-rata dari hasil pengujian

lebih besar nilainya dibandingkan dengan  $V_u$  rata-rata analitis. Hal ini menunjukkan bahwa pada pengujian yang telah dilakukan ternyata keruntuhan geser terjadi pada saat beban yang bekerja masih di bawah beban analitis yang mampu ditahan oleh balok uji tersebut. Maka, analisis lebih lanjut besarnya  $V_u$  yang digunakan untuk mengetahui kekuatan balok dengan tulangan, dengan serpihan, maupun tidak, bisa dipakai  $V_u$  rata-rata hasil pengujian karena lebih sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Data hasil analisis geser dengan tulangan dan serpihan besi dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 1.2 Data hasil analisis beban geser

NO	BALOK	1 P (KN)	2 P (KN)	Beban geser rata-rata ( $V_u$ ) P (KN)
1	Balok dengan tulangan	37,493	37,912	37,642
2	Balok dengan serpihan besi	30,871	35,938	33,404
3	Balok tanpa tulangan dan serpihan	25,989	30,331	28,731

Sumber: Penelitian

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka data yang diperoleh adalah: beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji ( $V_u$  maksimal hasil pengujian) dengan tulangan diperoleh beban geser maksimal rata-rata sebesar 37,642 kN, dengan serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 33,4045 kN, dengan tanpa tulangan dan tanpa serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 28,731 kN.

Data hasil analisis kuat geser dengan tulangan dan serpihan besi dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 1.3 Data hasil analisis kuat geser

NO	BALOK	1 P (KN)	2 P (KN)	Kuat geser rata-rata ( $V_u$ )P (KN)
1	Balok dengan tulangan	37,493	42,912	40,202
2	Balok dengan serpihan besi	36,871	41,938	39,404
3	Balok tanpa tulangan dan serpihan	19,329	20,851	20,09

Sumber: Penelitian

Kuat geser maksimal dengan tulangan ( $V_s$  maksimal hasil pengujian) didapat rata-rata sebesar 40,905 kN, kuat geser maksimal dengan serpihan besi rata-rata sebesar 39,404 kN, kuat geser maksimal dengan tanpa tulangan dan serpihan besi rata-rata sebesar 20,09 kN.

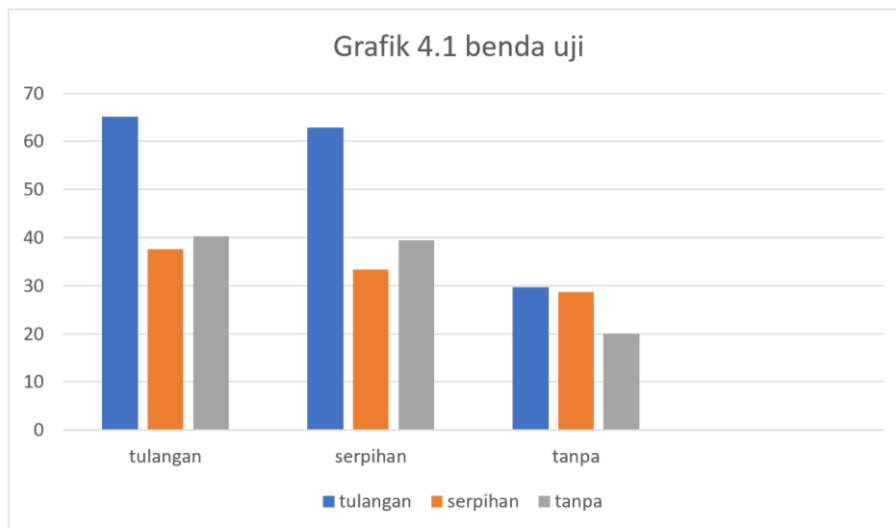
Tabel 1.4 Data hasil rata-rata

NO	BALOK	Beban geser rata-rata ( $V_u$ ) P (KN)	Kuat geser rata-rata ( $V_u$ ) P (KN)	Kuat geser rata-rata ( $V_u$ ) P (KN)
1	Balok dengan tulangan	65,13	37,642	40,202
2	Balok dengan serpihan besi	62,83	33,404	39,404
3	Balok tanpa tulangan dan serpihan	29,67	28,731	20,09

Sumber: Penelitian

Analisis data pengujian dengan kuat dan beban geser dapat dilihat pada gambar grafik 3.1 berikut ini:





Gambar Analisis data pengujian dengan kuat dan beban geser

*Sumber: Penelitian*

Perbedaan yang signifikan kuat geser antara tulangan, serpihan besi dan tanpa keduanya yaitu selisih kuat geser maksimal antara ketiga balok tersebut berkisar 65,83% - 78,77%. Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa kekuatan geser dengan tulangan, dengan serpihan besi, dengan tanpa keduanya adalah tidak sama.

Efisiensi bahan yang diberikan dengan tulangan adalah nol, karena kuat geser tulangan lebih kecil dibandingkan dengan serpihan besi karena dengan penggunaan tulangan secara langsung lebih dapat menahan beban daripada menggunakan serpihan besi walaupun dengan potongan kecil-kecil. Dengan menggunakan serpihan besi kecil-kecil lebih baik digunakan daripada tidak menggunakan besi samasekali.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka beberapa kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa balok dengan tulangan diperoleh beban geser maksimal rata-rata 65,13 kN, dengan serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 62,83 kN, dengan tanpa tulangan dan tanpa serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 29,67 kN.
2. Beban geser maksimal yang terjadi pada balok uji ( $V_u$  maksimal hasil pengujian) dengan tulangan diperoleh beban geser maksimal rata-rata sebesar 37,642 kN, dengan serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 33,4045 kN, dengan tanpa tulangan dan tanpa serpihan besi beban geser maksimal rata-rata sebesar 28,731 kN.
3. Kuat geser maksimal dengan tulangan ( $V_s$  maksimal hasil pengujian) didapat rata-rata sebesar 40,905 kN, kuat geser maksimal dengan serpihan besi rata-rata sebesar 39,404 kN, kuat geser maksimal dengan tanpa tulangan dan serpihan besi rata-rata sebesar 20,09 kN,
4. Perbedaan yang signifikan kuat geser antara tulangan, serpihan besi dan tanpa keduanya yaitu selisih kuat geser maksimal antara ketiga balok tersebut berkisar 65,83% - 78,77%. Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa kekuatan geser dengan tulangan, dengan serpihan besi, dengan tanpa keduanya adalah tidak sama.
5. Efisiensi bahan yang diberikan dengan tulangan adalah nol, karena kuat geser tulangan lebih kecil dibandingkan dengan serpihan besi karena dengan penggunaan tulangan secara langsung lebih dapat menahan beban daripada menggunakan serpihan besi walaupun dengan potongan kecil-kecil. Dengan menggunakan serpihan besi kecil-kecil lebih baik digunakan daripada tidak menggunakan besi samasekali.
6. Penggunaan serpihan besi ini bisa dikatakan baik digunakan dari pada tidak menggunakan samasekali, terutama disaat kondisi saat ini masih tergolong masa era new normal setelah

pandemi covid-19 dengan kebutuhan biaya material terutama besi yang mahal dan semakin meningkat maka dengan serpihan besi ini bisa dipakai untuk lebih menghemat biaya dan juga bisa berfungsi sebagai pengganti agregat.

Hal-hal yang dapat disarankan berdasarkan hasil penelitian ini antara lain :

- 1 Penelitian dengan topik semacam ini perlu untuk ditinjau pada diameter tulangan yang lain dengan umur beton yang lebih lama misalnya umur beton 21 hari, 28 hari atau yang lebih lama lagi untuk mengetahui perilaku-perilaku pada kedua bentuk penulangan geser yang bervariasi terhadap kekuatannya.
- 2 Penelitian semacam ini juga dapat dikembangkan pada balok tinggi yaitu balok beton yang cenderung dapat menahan pembebanan geser yang lebih dominan dibandingkan dengan beban lentur.
- 3 Penelitian yang telah dilakukan ini terbatas dengan alat pengujian geser balok, dengan kondisi semacam ini maka dapat dilakukan penelitian serupa untuk balok beton dengan dimensi penampang balok yang lebih besar dan dengan alat pengujian geser yang mempunyai kapasitas menahan beban maksimal yang lebih besar lagi.
- 4 Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk mendapatkan hasil penelitian yang jauh lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu dengan berbagai ukuran dimensi tulangan yang lain dan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak lagi agar didapatkan data yang lebih lengkap, komplit dan bervariasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami sampaikan ucapan dan rasa terima kasih kami kepada semua rekan-rekan, dosen-dosen seperjuangan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

## REFERENSI

Arsitur, *Perkuatan balok geser. Jurnal Teknik Sipil*, 2020

B.Sulistiyanto, *Simulasi perilaku kekuatan balok*, 2015

F.Alami, R.widyawati, 2010, Study experimental perkuatan geser balok beton bertulang dengan GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) *Jurnal Rekayasa* Vol. 14 No. 2, Agustus 2010

Henry, dkk, "Tinjauan Rekayasa Penulangan Geser Balok Beton Bertulang Dengan Sengkang Vertikal", jurnal,

[https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/3754/4\\_Henry%20Hartono.pdf?sequence=1](https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/3754/4_Henry%20Hartono.pdf?sequence=1), 2012

IA.Rizolla, Analisis balok geser, 2015

I. Dipohusodo, *Struktur beton bertulang*, 2017

M.Ladio, *Study experimental perkuatan geser balok beton bertulang dengan lembaran CFRP yang dipasang vertical*, 2019

Nanette, Balok beton bertulang, 2020

R.David, Studi efisiensi balok geser, 2020

R.Himawan, Studi eksperimental perkuatan geser balok, 2020

R.Rifai, Analisis balok geser, 2018