

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan terutama dibidang ilmu transportasi khususnya jalan raya, maka diperlukan prasarana yang memadai berupa jalan raya yang dapat menahan beban kendaraan yang melintas di atasnya dan ramah lingkungan, sehingga diperlukan perkerasan jalan yang sesuai dengan kondisi dilapangan. Salah satu yang digunakan adalah rigid pavement. Dalam industri terutama dalam pembuatan beton konvensional, pekerjaan pemadatan merupakan hal mutlak yang harus dilaksanakan.

Limbah industri percetakan adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Pemanfaatan limbah untuk campuran beton merupakan salah satu langkah untuk mengurangi permasalahan limbah yang sampai saat ini belum bisa diatasi. Di negara-negara maju seperti Amerika dan Inggris, para peneliti telah berusaha memperbaiki sifat-sifat yang kurang baik dari beton tersebut dengan cara menambahkan serat atau fiber yang disebarkan kedalam beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun pembebanan. Berbagai macam beton serat yang mampu memperbaiki sifat-sifat beton adalah : baja, plastic, kaca dan karbon.

Serat *strapping band* merupakan tali kemas untuk berbagai keperluan pengemasan barang. Keunggulan *strapping band* sebagai alat pengemasan antara lain bahannya yang ringan, dan mudah digunakan untuk pengemasan barang-

barang yang beratnya mencapai 500 kg. *Strapping band* memiliki kekuatan tarik tinggi yaitu antara 60 – 250 kg/cm² (A.Majid Akkas dkk. 2012-2013).

Penulis bermaksud melakukan penelitian dengan menggunakan limbah *Strapping band* sebagai bahan tambah dengan tidak mereduksi dari berat agregat dan semen. Manfaat penelitian diharapkan akan dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang bahan campuran beton alternative dalam menciptakan konsep bangunan ramah lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, berikut ini di kemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Analisis Penambahan Serat *Strapping Band* terhadap kuat lentur beton?
2. Bagaimana Pengaruh Penambahan Serat *Strapping Band* Variasi 0,5%, 1,0% dan 1,5%?
3. Bagaimana komposisi terbaik untuk membuat kuat lentur beton terhadap penambahan serat *Strapping Band* ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui analisis penambahan serat *Strapping Band* terhadap kuat lentur beton.
2. Untuk mengetahui penggunaan penambahan serat *strapping* yang optimal terhadap kuat lentur beton rigid pavement variasi 0,5%, 1,0% 1,5%.
3. Untuk mengetahui komposisi terbaik untuk membuat kuat tekan rigid pavement terhadap penambahan serat *Strapping Band*

D. Manfaat Penulisan

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulis ini secara garis besar yaitu :

1. Manfaat teoritis, yaitu pengembangan pengetahuan tentang material konstruksi, khususnya beton serta dapat ikut serta memberikan kontribusi bagi pengembangan potensi agregat billa ditambahkan dengan serat *strapping bang*.
2. Manfaat praktis, yaitu memberikan informasi tentang pembuatan beton dengan variasi serat strapping band, apakah kuat lenturyang di hasilkan bertambah.

E. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan maka diperlukan batas masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Mutu beton yang direncanakan $f_c'20$, pada 28 hari.
2. Beton Normal 26,27 Mpa.
3. Variasi penambahan serat *strapping band* 0.5%, 1.0%, dan 1.5%.
4. Semen menggunakan semen Bosowa.
5. Faktor Air Semen (FAS) sebesar 48%.
6. Standar pengujian adalah SNI yang diterbitkan oleh Balitbang kimpraswil (2003b).
7. Panjang serat *strapping band* yang digunakan dalam penelitian berkisar anantara 30 mm.
8. Nilai ekonomis tidak dihitung.
9. Benda uji beton diletakkan diruang terbuka dengan perawatan perendaman selama 28 hari.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang umumnya digunakan saat ini dalam setiap pembangunan. Baik itu pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan berbagai macam bendungan lainnya yang ada di lingkungan kita. Hal ini disebabkan oleh berbagai macam pertimbangan, mulai pertimbangan kekuatan bahan, sumber bahan, proses pengerjaan, perawatan, dan sebagainya. Oleh karena itu, perlu diketahui apa sebenarnya beton itu.

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2834,2000).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m² menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SNI 03-2834,2000). Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton (Wuryatidan Candra 2001), antara lain :.

1. Jenis/mutu semen.
2. Faktor air semen.
3. Gradasi/susunan butir bahan batuan.
4. Pelaksanaan pembuatan beton.
5. Curing (perawatan/pematangan) beton.

B. Sifat- Sifat Beton

Untuk keperluan perencanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat beton diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain (Mulyono,2004) :

1. Durability (*Keawetan*)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniksial benda uji silinder beton berdiameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan Mpa (N/m^2) untuk standar ACI maupun SNI 91. Sedangkan British Standar uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari tekannya. Kuat tarik merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya pada 25%-50% dari kuat tekan beton.

5. Rangkak dan Susut

Rangkak (*Creep*) merupakan salah satu sifat dimana beton mengalami deformasi terus menerus waktu dibawah beban yang dipikul. Susut (*Shrinkage*) merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

6. Workability

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh. Salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk keelakaan beton adalah dengan *slump test*.

- a. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton.
- b. Penambahan semen kedalam adukan beton.
- c. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.
- d. Pemakaian butir-butir agregat yang bulat.
- e. Cara pemadatan beton dan jenis alat yang digunakan.

7. Sifat Kedap Air

Gelembung udara yang terbentuk selama atau setelah selesai pencetakan beton akan membentuk rongga-rongga yang diakibatkan oleh air yang menguap, rongga udara ini akan membuat air masuk kedalam beton. Untuk mengantisipasi terjadinya rongga udara yang mengakibatkan masuknya air kedalam beton, maka beton harus dibuat sepadat mungkin. Beberapa factor yang mempengaruhi sifat air beton (Wuryati dan Candra, 2001), antara lain :

- a. Mutu dan porositas agregat.
- b. Umur beton, kepadatan air akan berkurang dengan adanya perkembangan umur.
- c. Gradasi, gradasi harus dipilih sedemikian agar beton dapat mudah dikerjakan dengan baik dengan jumlah air yang minimal.

- d. Perawatan, perawatan beton merupakan factor yang sangat penting untuk mendapatkan beton kedap air.

C. Bahan Pembentukan Beton

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.

1. Semen

Semen merupakan bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidrasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidraulis dihasilkan yang biasanya paling banyak dipakai adalah semen Portland. Semen portland dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolika, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling secara bersama-sama dengan bahan utamanya. Campuran dari semen dan air saja disebut pasta semen sedangkan jika ditambahkan campuran pasir disebut mortar.

Ditinjau dari segi penggunaannya, menurut ASTM dibagi menjadi 5 tipe semen Portland :

- a. Jenis I : Semen Portland jenis umum (*normal Portland cement*) yaitu jenis semen Portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus, misalnya untuk pembuatan trotoar dan pasangan bata.
- b. Jenis II : Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified Portland cement*) memiliki panas hidrasi lebih rendah yang dapat

mengurangi terjadinya retak-retak pengerasan dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan untuk bangunan tebal seperti pilar berukuran besar, dan bangunan drainase.

- c. Jenis III : Semen Portland dengan kekuatan awal tinggi (*high heat Portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat sehingga dapat digunakan dalam perbaikan bangunan dalam perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.
- d. Jenis IV : Semen Portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat Portland cement*) merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang membutuhkan hidrasi serendah-rendahnya. Digunakan untuk bangunan beton seperti bendungan.
- e. Jenis V : Semen Portland tahan sulfat (*sulfate resisting cement*) merupakan jenis khusus untuk digunakan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti pada tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya. Pengerasan berjalan lebih lambat dari pada semen Portland biasa.

Semen Portland adalah semen hidrolis dengan menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih Kristal senyawa kalsium sulfat dan ditambahkan dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Semen Portland jenis I memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004 dimana sifat fisiknya diperlihatkan pada table 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisik semen Portland jenis I (Sumber : M. Wihardi Tjarongen
(Teknologi Bahan Lanjut Semen dan Beton Berongkah))

Sifat Fisik	Jumlah
Kehalusan (m^3/kg)	>280
Waktu pengikatan Awal (menit)	100
(Vicat) Akhir (menit)	240
Pemuaian	0,04
Berat jenis (kg/ltr)	3,15
Kekuatan tekan	-
3 hari (kg/cm^3)	215
7 hari (kg/cm^3)	300
28 hari (kg/cm^3)	-
Pengikatan semu	-
Penetrasi akhir	75

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (aduk) dan beton. Agregat aduk beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai pengisi bahan yang dipakai sebagai pengisi atau pengkurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disebut adukan beton. Fungsi agregat dalam beton mengisi sebagian besar volume beton yaitu antara 50% sampai 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton (Wuryati dan Candra, 2001)

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir) dapat dilihat pada table 2.1 dan 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus (pasir) (Sumber : ASTM (American Society For and Testing Material))

No	Karakteristik Agregat Halus	Interval	Spesifikasi (ASTM)
1	Kadar lumpur	<5 %	C117
2	Kadar organik	<No.3	C558
3	Kadar air	3-5%	C29
4	Berat volume	1.4-1.9.kg/ltr	C127
5	Absorpsi	0.2-2%	C127
6	Berat jenis SSD	1.6-3.2	C104
7	Modulus Kehalusan	2.2-3.1	C131

Tabel 2.3 Persyaratan Gradasi Pasir (Sumber : SNI-23-2834-2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
9.5	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	90-100	90-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.18	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran antara 5mm – 40mm (SNI 03-2834-2000).

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecahkan batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat bek, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pemecah diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring, dan seterusnya.

Karakteristik agregat kasar yang dapat mempengaruhi sifat-sifat dan mutu beton adalah :

1. Gradasi, mempengaruhi kekuatan.
2. Kadar air, mempengaruhi perbandingan air semen.
3. Kebersihan, mempengaruhi kekuatan dan keawetan.

Spesifikasi karakteristik agregat kasar (batu pecah) dapat dilihat pada table 2.4 dan 2.5.

Tabel 2.4 Spesifikasi Karakteristik agregat kasar (batu pecah) (*Sumber : ASTM American Society for and Testing Material*)

No	Karakteristik Agregat Kasar	Interval	Spesifikasi
1	Kadar lumpur	<1 %	C117
2	Kadar Air	0.5 - 2%	C558
3	Berat Volume	1.6-1.9 kg/ltr	C29
4	Absorpsi	0.2 - 4.6%	C127
5	Berat Jenis SSD	1.6 - 3.2	C127
6	Modulus Kehalusan	5.5 - 8.5	C104
7	Keausan	15 – 50%	C131

Tabel 2.5 Persyaratan Gradasi Batu Pecah (*Sumber : SNI -15-1990-032*)

Ukuran Saringan	Persentase lolos		
(mm)	37,5 – 4,75	19,0 – 4,75	12,5 – 4,75
38,1	90 – 100	100	-
19	30 – 70	90 – 100	100
9,5	10 – 35	25 – 55	40 – 70
4,75	0 – 5	0 – 10	- 15

c. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentasi dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau lebih besar dari masing-masing seri bukaan saringan. Gradasi agregat juga brerguna

untuk menentukan proporsi agregat halus terhadap total agregat. Gradasi yang baik pada agregat. Dapat menghasilkan beton yang padat, sehingga volume rongga berkurang dari penggunaan semen Portland berkurang pula. Susunan beton yang padat dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar (Wuryati dan Candra. 2001).

Untuk membentuk apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Agregat kasar dan halus ditimbang berdasarkan jumlah/berat sesuai perhitungan mix desain.

d. Air

Kadar air bebas adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat (SNI 03-2834-2000).

Menurut Jokrodinuljio (1996), pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/ltr.
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) tidak lebih dari 15gr/ltr.

- 3) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- 4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Fungsi utama penggunaan air ialah agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tecemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatan dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen dan perlu diingat bahwa jumlah air yang dibutuhkan berpengaruh terhadap tingkat kelecakan dan kekuatan beton.

D. Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan ukuran kekuatan beton, maka faktor ini harus merupakan kriteria yang utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran (Nawy,1990). Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit sehingga jarak antara butiranbutiran semen pendek. Akibatnya massa semen, menunjukan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi. Semakin kecil nilai faktor air semen maka akan mengakibatkan nilai kuat tekan yang semakin tinggi. Walaupun demikian nilai faktor air semen mempunyai batasan sepanjang adukan beton masih dapat di kerjakan secara baik. Berat Volume Beton Berat volume beton adalah perbandingan antara berat benda uji beton terhadap volume beton (pers. 2):

$$D = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

D = Berat Volume Beton [kg/m^3]

B = Berat Benda Uji [kg]

V = Volume Beton [m^3]

Berdasarkan berat volume (kerapatannya), beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tabel 1 dan 2) :

Tabel 2.6 Klasifikasi beton berdasarkan berat volume menurut American Concrete Institute (ACI)

Klasifikasi	Berat Volume Beton (kg/m^3)
Beton ultra ringan	300 - 1100
Beton ringan	1100 - 1600
Beton ringan structural	1450 - 1900
Beton normal	2100 - 2550
Beton berat	2900 – 6100

Tabel 2.7 Klasifikasi beton berdasarkan berat volume beton (Sumber : SNI 03-2847- 2002)

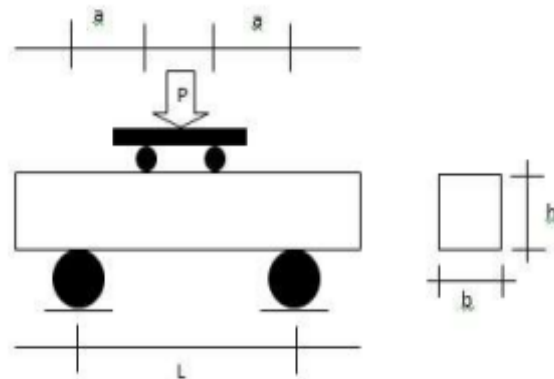
Jenis Beton	Berat volume beton kering udara (kg/m^3)
Beton ringan	<2200
Beton normal	2200 – 2500
Beton berbobot berat	>2500

E. Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

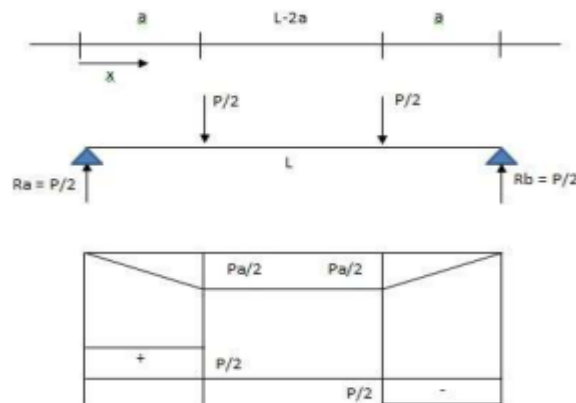
Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama

mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.



Gambar2.1. Pengujian Kuat Tarik Lentur

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada Persamaan 3.:



Gambar 2.2. Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q)

$$f_r = \frac{3Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

f_r = Kuat Tarik Lentur [MPa]

P = Beban pada waktu lentur [kN]

a = Jarak dari perletakan ke gaya [mm]

b = Lebar penampang balok [mm]

h = Tinggi penampang balok [mm]

F. Serat strapping band

Serat strapping band merupakan salah satu produk kemasasn yang dijadikan solusi pemanfaatan limbah plastik yang jumlahnya semakin lama semakin tidak terkendali dan dapat mengancam keberlangsungan lingkungan hidup. Tali strapping band yang dihasilkan oleh PT Jetset Polychrome, yang merupakan produsen merk superior pack. (www.strappingband.net)

Pemikiran dasarnya adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan ke dalam beton segar, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun pembebanan. Berbagai macam beton serat yang mampu memperbaiki sifat-sifat beton adalah: baja, plastik (polypropylene), kaca dan karbon. Penulis bermaksud melakukan penelitian dengan menggunakan bahan tambah (admixture) serat jenis polypropylene yaitu PP strapping band. (Masdar et al., n.d.)

Berdasarkan bahan dasarnya, secara umum *strapping band* dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Strapping polypropylene

Merupakan jenis *strapping band* yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Selain karna harganya yang lebih terjangkau, tali *strappingband* ini juga menawarkan daya ikat yang kuat dan elastis. Jenis strapping ini memiliki ukuran, mulai dari lebar 5 mm sampai 18 mm.



Gambar 2.3*Strapping Polypropylene*

2. *Strapping polyester*

Dibandingkan dengan jenis strapping band sebelumnya, strapping berbahan dasar *polyster* memiliki daya ikat yang jauh lebih banyak digunakan untuk mengemas muatan yang kuat dan berat seperti panel beton dan pelat baja. Jenis *polyster* ini memiliki ukuran mulai dari lebar 9 mm sampai 32 mm.



Gambar 2.4*Strapping Polyester.*

G. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yang dikemukakan oleh para ahli diantaranya adalah L. J. Murdock dkk. (1991) yaitu :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat tarik lebih besar dari pada penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Efisiensi dari perawatan (curing) kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting dalam pekerjaan lapangan dan waktu pembuatan benda uji.
4. Suhu pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat lentur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umumnya.

H. Penelitian Terdahulu

1. Imam Prasetyo “ Studi Eksperimen Lentur dan Defleksi balok beton dengan tulangan punter plat baja segi empat ukuran 3 x 15 x 1000 MM (Tahun 2020)”
 Tujuan penelitian tersebut Balok beton bertulang merupakan struktur komposit dengan fungsi untuk menahan beban defleksi dan lentur yang dipengaruhi oleh mutu beton dan bentuk permukaan tulangan. Plat baja polos jika dipuntir akan menghasilkan tulangan spiral yang memiliki permukaan deform yang diharapkan dapat meningkatkan defleksi dan lentur balok beton bertulang. Ketika balok beton mengalami lentur, akan terjadi defleksi atau lendutan pada balok yang mengubah kekuatan lentur. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas lentur balok adalah mekanisme bond antara tulangan dengan matriks beton dimana mekanisme bond terbentuk dari adanya adhesi, friksi dan interlocking. Penggunaan tulangan plat baja yang dipuntir

pada penelitian bertujuan untuk meningkatkan kapasitas interlocking antara tulangan dengan matriks beton untuk memperkecil terjadinya bondslip, sehingga memperkecil defleksi dan lentur.

2. Andrew OktaviyantoGosal “Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang yang Diperkuat dengan Mortar Geopolimer dan Serat PVA (2021)” Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku lentur serta pola retak dan mode kegagalan balok beton bertulang yang diperkuat dengan mortar geopolimer dan serat PVA. Perilaku lentur didiskusikan berdasarkan perilaku beban-lendutan, beban-regangan beton, beban-regangan baja, serta distribusi regangan beton dan tulangan.
3. Ilham Bayu Aji “Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Penambahan Pelat Baja (2018)”. Penambahan kekuatan pada struktur balok terdapat banyak cara, salah satunya adalah penambahan pelat pada bagian daerah tarik beton. Pelat dengan ukuran lebar 40 mm dan tebal 3 mm diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang tersebut. Pemasangan pelat menggunakan baut dan perekat sika anchorfix, pada bagian pelat diberi sejumlah baut dengan cara pengelasan untuk melekatkan baut dengan pelat. Perekat guna untuk merekatkan antara balok dengan pelat, untuk mengurangi terjadinya de-bonding failure pada pelat dan balok. Pengujian dilakukan dengan satu paket alat uji lentur, seperti loading frame, dial gauge yang berjumlah 2 buah. Pembebanan dilakukan dengan bantuan hydraulic jack dan load cell. Data dianalisis dengan bantuan software Microsoft office excel untuk mengetahui kuat lentur pada balok.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu penelitian di laboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Proses penelitian dilakukan dengan melakukan serangkaian pengujian terhadap karakteristik bahan yang digunakan dengan persyaratan yang ditentukan.

B. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari :
 - a. Satu set mesin uji los Angeles.
 - b. Satu set uji saringan saringan (sieve) standard ASTM.
 - c. Satu set mesin getar untuk saringan (sieve shacker).
2. Oven dan pengatur suhu.
3. Timbangan.
4. Talang.
5. Mesin pengaduk.
6. Cetakan benda uji.
7. Stop Watch.
8. Alat pemadat.
9. Compresing Testing Maching (CTM).

C. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland.
2. Agregat Halus.
3. Serat strapping band.
4. Air.

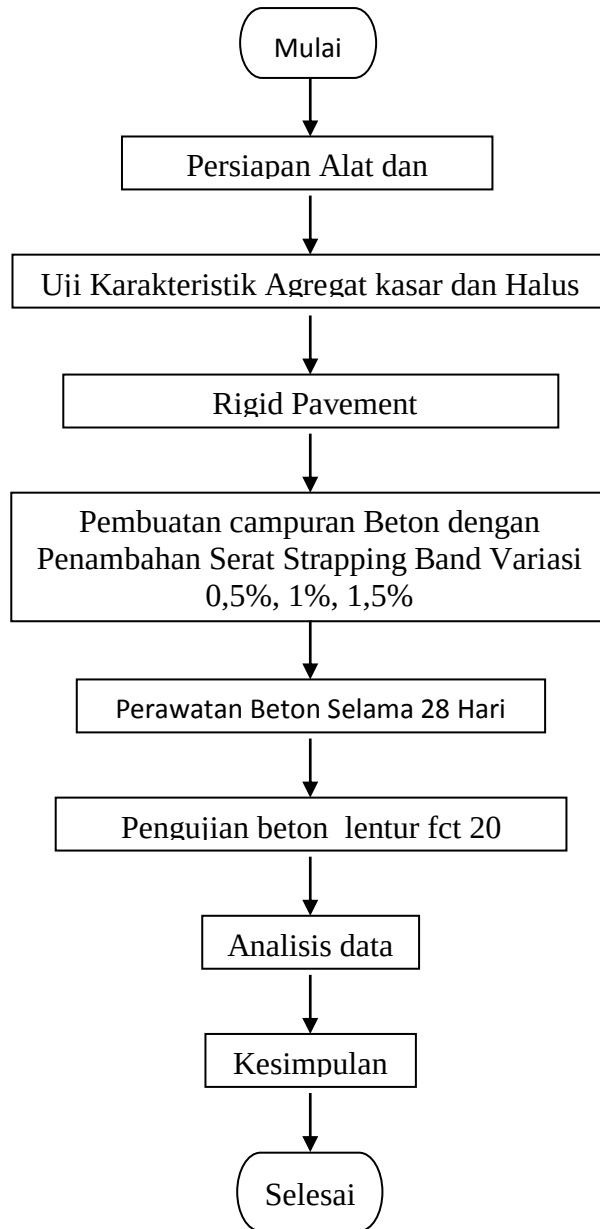
D. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Parepare (UM Parepare) teknik mengumpulkan data yang diterapkan adalah pengamatan di laboratorium dengan melakukan serangkaian pengujian sampel

E. Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data-data sebagai bahan referensi dalam penelitian ini, yaitu mengadakan penelitian/pengujian material di laboratorium dan mengadakan konsultasi terhadap pihak dosen pembimbing dan pihak pihak yang berkaitan langsung dengan laboratorium penelitian. Disamping itu, juga membaca literatur serta mengumpulkan segala hal yang berkaitan dengan penelitian.

F. Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.1Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat limbah beton. Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

1. Agregat Kasar

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (*Sumber : Hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.7%	0.50%	0,60%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	20.9%	22.0%	21.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0.70%	1.11%	0.91%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.63	1.61	1.62	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.76	1.80	1.78	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4%	1.42%	1.73%	1.57%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	1.92	2.83	2.88	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.80	2.70	2.75	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.84	2.75	2.79	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0–8,0	7.11	7.12	7.11	Memenuhi

a. Kadar lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0.60% yang nilainya lebih kecil dari 1% sehingga agregat kasar perlu dicuci sebelum dijadikan bahan campuran beton.

b. Keausan agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diatas didapatkan hasil 21.5% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 0.91% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga aregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1.62 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1.78 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 1.57% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga aregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2.88. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2.75. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2.79 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6– 3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 7.11 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

2. Agregat halus

Tabel 4.2 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Sumber: hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan		Nilai Rata-Rata	Keterangan
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	3.0%	2.2%	2.60%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	No. 1	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.67%	1.83%	2.25%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.42	1.42	1.41	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.59	1.61	1.60	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1%	1.83%	1.63%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.55	2.71	2.50	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.47	2.58	2.40	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.50	2.63	2.44	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.87	3.29	3.08	Memenuhi

a. Kadar lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas didapatkan hasil 2.60% yang nilainya lebih kecil dari 5% sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

b. Kadar organik

Dari pengujian tingkat kadar organik agregat halus diatas didapatkan hasil kadar organik berada di No.1 yang nilainya lebih kecil dari No.3 sehingga aregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 2.25% yang nilainya lebih kecil dari 5% sehingga agregat halus dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,41 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,60 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,4 – 1,9 kg/liter sehingga agregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 1.63% yang nilainya masih dalam interval maksimum 2% sehingga agregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2.63. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,52. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,57 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6– 3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 1,50-3,80. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 3.08. adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Adukan Beton (Mix Design)

Perencanaan adukan beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012

dengan hasil data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Mix desain berdasarkan SNI 7656:2012 (*sumber :SNI tata cara pemilihan campuran untuk beton normal beton berat dan beton*)

No	Uraian	
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (f_c')	20 Mpa
2	Deviasi standar	-
3	Nilai margin/nilai tambah (M)	9,8 Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (f_{cr}')	29,8 Mpa
5	Jenis semen (PC)	Jenis I
6	Jenis agregat halus	Alami
7	Jenis agregat kasar	Pecah
8	Faktor air semen (FAS)	0,45
9	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
10	Ukuran agregat maksimum	20 mm
11	Kebutuhan air	206,15 liter
12	Kebutuhan semen Portland	413,04/m ³
13	Daerah gradasi agregat halus	Zona 2
14	Berat jenis beton	2351,30 kg/m ³
15	Kebutuhan agregat halus	6351,30/m ³
16	Kebutuhan agregat kasar	1059,82 kg/m ³

Analisa kebutuhan semen, kerikil, pasir, dan air untuk 8 benda uji

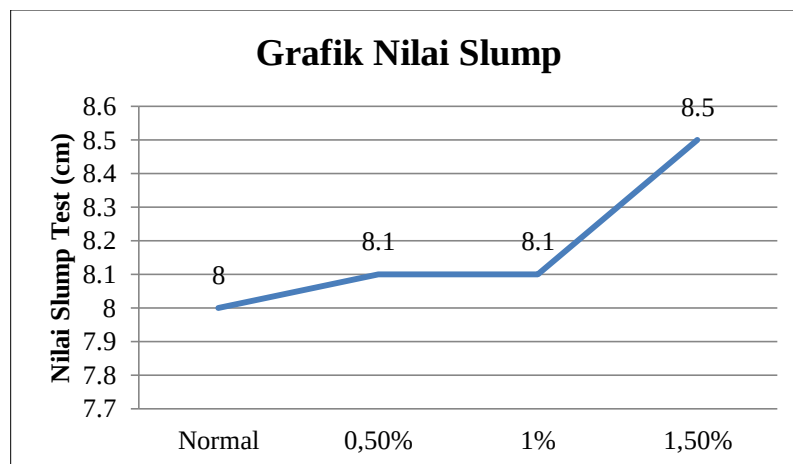
berbentuk balok dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm.

Tabel 4.4 Mix desain kebutuhan bahan untuk 8 balok (*sumber : hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

No	Kebutuhan Bahan	Variasi Campuran		
		0,5%	1,0%	1,5%
1	W semen	48,958 kg	48,847 kg	48,736 Kg
2	W pasir	48,715 kg	48,715 kg	48,715 Kg
3	W kerikil	126,818 Kg	126,818 kg	126,818 Kg
4	W air	24,116 Kg	24,116 kg	24,116 Kg
5	W strapping band	0,011 Kg	0,022 kg	0,333 Kg

C. Nilai Slump

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Hubungan antara variasi campuran dengan nilai slump

Grafik di atas menjelaskan bahwa dari hasil pengujian nilai slump didapatkan nilai slump untuk variasi Normal sebesar 8 cm, variasi 0,50% sebesar 8,1 cm, variasi 1,00% sebesar 8,1 cm, dan variasi 2,00% sebesar 8,5 cm. Dimana pada beton normal dan variasi penambahan didapatkan nilai slump test yang memenuhi slump rencana.

D. Kuat Lentur

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur benda uji tersebut. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan sebanyak 8 sampel. Yang terdiri dari 3 variasi campuran *strapping band* yaitu 0,5%, 1% dan 1,5%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 2 sampel untuk kuat lentur dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. Sebelum melakukan uji kuat lentur maka terlebih dahulu

melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji. Adapun hasil dari pengujian kuat lentur yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran limbah beton dengan 28 hari perawatan adalah sebagai berikut.

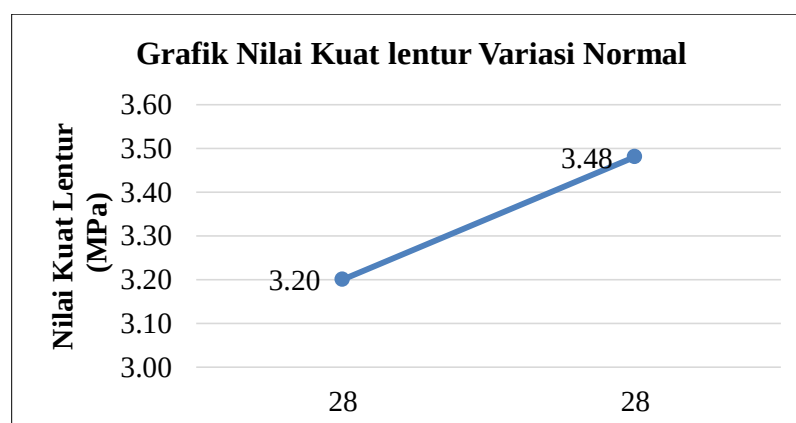
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian dan 28 hari ialah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Rekap hasil kuat lentur beton normal (*sumber : hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

No	Umur	Berat	Beban	Kuat lentur f'_c
		Kg	KN	(Mpa)
1	28 Hari	35,250	12.0	3,200
2	28 Hari	34,230	13.0	3,467

Pada pengujian sampel beton normal dengan balok ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 2 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 3,333MPa untuk umur 28 hari.



Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat lentur beton normal. (*sumber: hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 0% limbah serat strapping band atau beton normal mengalami kuat lentur 3,200 MPa, 3,467 MPa. Umur 28 hari mengalami kuat lentur rata-rata sebesar 3,333 MPa.

2. Beton variasi 0,5 % *strapping band*

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton 0,5% *strapping band* yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.6Rekap hasil kuat lentur beton variasi 0,5 %(sumber : hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Lentur f'c (MPa)
1	28 Hari	30,315	11.0	2,667
2	28 Hari	31,909	10.0	2,933

Pada pengujian sampel uji dengan 0,5% *strapping band* dengan balok ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 2 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 2,800 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat lentur yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4.3Grafik pengujian kuat lentur beton variasi 0,5%.

(Sumber : Hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

Padagrafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 0,5% limbah serat strapping band atau beton normal mengalami peningkatan kuat lentur 2,667 MPa, 2,933 MPa. Umur 28 hari mengalami kuat lentur rata-rata sebesar 2,800 MPa.

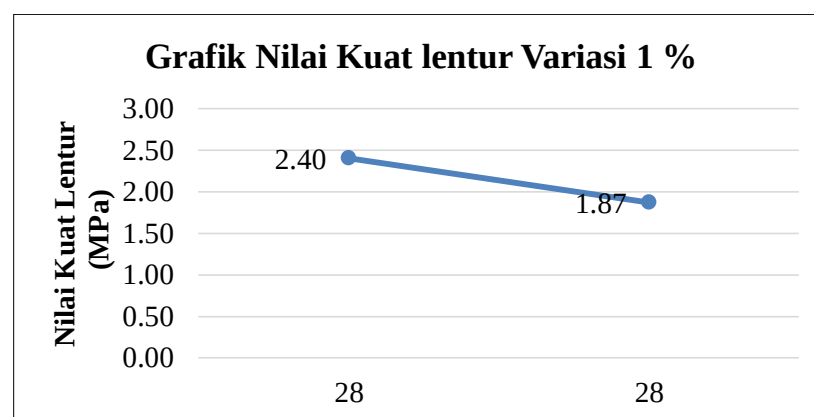
3. Beton variasi 1 % *strapping band*.

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 1% strapping band yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Rekap hasil kuat lentur beton variasi 1 % (*sumber: hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Lentur f'c (MPa)
1	28 Hari	30,849	9,0	2,400
2	28 Hari	31,969	7,0	1,867

Pada pengujian sampel uji dengan 1% *strapping band* dengan balok ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 2 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 2,133MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat lentur yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut.



Tabel 4.8 Grafik pengujian kuat lentur beton variasi 1 %.
(*Sumber : Hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare*)

strapping band atau beton normal Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 1,0% limbah serat mengalami peningkat kuat lentur 1,867 MPa, 2,400 MPa. Umur 28 hari mengalami kuat lentur rata-rata sebesar 2,133 MPa.

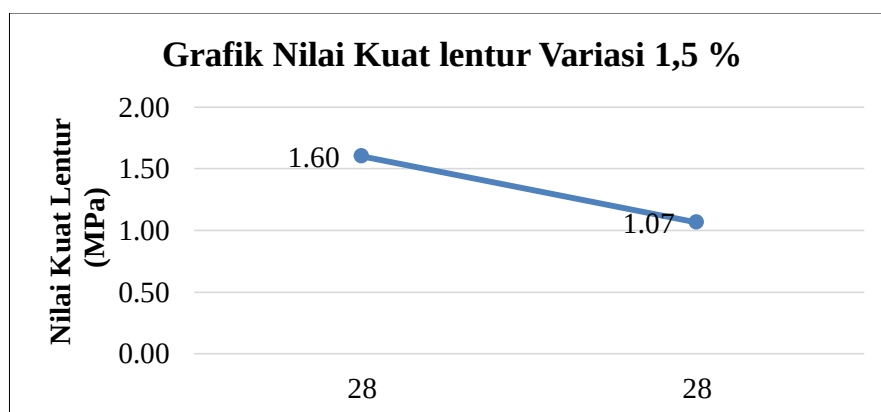
4. Beton Variasi 1,5% *strapping band*.

Berdasarkan hasil penelitian, kuat lentur rata-rata pada beton variasi 1,5% *strapping band* yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Tabel rekap hasil kuat lentur beton 1,5% (sumber : hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Lentur f'c (MPa)
1	28 Hari	31,501	6,0	1,600
2	28 Hari	30,145	4,0	1,067

Pada pengujian sampel uji dengan 1,5% *strapping band* dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 2 buah didapat kuat lentur dengan rata-rata 1,333 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat lentur yang diinginkan dengan grafik berikut.



Tabel 4.10 Grafik pengujian kuat lentur beton variasi 1,5%.
(Sumber: hasil olah data laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 1,5% limbah serat strapping band atau beton normal mengalami peningkatan kuat lentur 1,067MPa, 1,600 MPa. Umur 28 hari mengalami kuat lentur rata-rata sebesar 1,333 MPa.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian *strapping band* sebagai perbandingan agregat halus pada campuran beton dapat di ambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi dari hasil pengujian kuat lentur beton yang memperhatikan variasi campuran *strapping band* dengan 4 variasi yaitu % (beton normal), 0,5%, 1% dan 1,5% dari sebagian agregat halus, maka didapatkan hasil pengujian beton umur 28 hari pada beton normal 3,333MPa. Untuk variasi 0,5% *strapping band* dengan rata-rata 2,800 MPa. Untuk variasi 1% *strapping band* dengan rata-rata 2,133MPa. Untuk variasi 1,5% *strapping band* dengan rata-rata 1,333 MPa. Maka dapat disimpulkan beton dengan variasi 0,5% *strapping band* mencapai kuat lentur rencana dan layak digunakan. Sedangkan untuk variasi 1% dan 1,5% *strapping band* tidak mencapai kuat lentur rencana dan tidak layak digunakan untuk kontruksi.
2. Penggunaan *strapping band* sebagai pengganti agregat halus pada beton memiliki pengaruh yang cukup besar sehingga mengalami peningkatan tekanan pada beton dengan variasi tertentu.
3. Komposisi terbaik untuk membuat kuat lentur beton terhadap penambahan *strapping band* yaitu variasi 0,5% dengan hasil kuat lentur tertinggi sebesar 2,933 Mpa. Dibandingkan variasi 1% sebesar 2,400 Mpa dan 1,5% sebesar 1,600 Mpa.

B. Saran

1. Penambahan zat adiktif dalam campuran beton yang dapat memperkuat beton atau menamba kekuatan beton dapat dibuat dalam penelitian lanjutan dari penelitian ini.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan strapping band dengan mutu tertentu agar hasil yang didapatkan dapat lebih terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Portland, S. (2000). Pengertian Sifat-sifat Semen Portland. 1824.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Sni 03-2834-2000, 1–34.
- Tjokrodinuljo, kardiyo. (1996). Teknologi beton. In Teknologi beton.
- Wuryati, S, dan Candra, R. (2001). Teknologi beton (7th ed.). Yogyakarta : Kanisius. [https://id.scribd.com/search?query=Candra%2C R.%2C %26 Wuryati%2C S. \(2001\). Teknologi Beton. Yogyakarta%3A Kanisius](https://id.scribd.com/search?query=Candra%2C R.%2C %26 Wuryati%2C S. (2001). Teknologi Beton. Yogyakarta%3A Kanisius).
- Yanti, G., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2018). ANALISA PERBANDINGAN PENAMBAHAN VARIASI CONSOL TERHADAP KUAT TEKAN BETON. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 4(1), 59–66. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i1.1155>
- Zuraidah, S., Sujatmiko, B., & Gualdin F, J. (2019). PEMANFAATAN LIMBAH STRAPPING BAND dan STYROFOAM dengan MENGGUNAKAN PASIR MOJOKERTO untuk BATA RINGAN. NAROTAMA JURNAL TEKNIK SIPIL, 3(1), 41–58. <https://doi.org/10.31090/njts.v3i1.848>
- Abdul Majid Akkas. Dkk., 2013. *Studi Pengaruh Serat Strapping Band (SSB) Terhadap Kekuatan Beton*.
- ASTM C 33-92., *Standard Specification for Concrete Aggregate*. ASTM Book of Standards, Part 04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, 7 pp.
- Badan Standar Nasional.(1990). SNI-15-1990-032.*Persyaratan Gradasi Batu Pecah*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional., 2000. SNI 03-2834-2000., “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal”. Bandung.
- Badan Standar Nasional.(2004). SNI-15-2049-2004.*Semen Portland*, Bandung.
- Balitbang Kimpraswil., 2003b. *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan., 1996. *Manajemen Proyek &Konstruksi*. Kanisius. Yogyakarta.
- JunardiMaskar, M. WihardiTjaronge, Abdul Majid Akkas., *Studi Pengaruh Serat Polypropylene (PP) Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Self*

Compacting Concrete (SCC). Journal Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar.

- Dipohusodo, I. (1996). Manajemen Konstruksi Jilid I. *Yogyakarta: kanisius*.
- Gusti, M., Noorhidana, V. A., & Irianti, L. (2021). Pengaruh Variasi Serat Polypropylene dan Faktor Air Semen Pada Uji Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(1), 105-118.
- Kimpraswil, D. (2003). Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual: Air Minum Perkotaan Bagian: 6 (Volume I). Balitbang. Jakarta.
- Megargle, R. (1990). ASTM (American Society for Testing and Materials) standards for medical computing. *Computers in healthcare*, 11(2), 25-26.
- Mulyono, S. (2004). Riset operasi.
- Nasional, B. S. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. SK SNI, 3, 2834-2000.
- Nasional, B. S. (2004). SNI 15-2049-2004: Semen Portland. Jakarta: BSN.
- Nasrul, S., Yanti, G., & Megasari, S. W. (2021). Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton Berpori. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 1-8.
- Polii, R. A., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. (2015). Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3).
- Tjokrodinuljo, K. (1996). Teknologi beton.
- Vitri, G., & Herman, H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 78-87.
- www.strappingband.net.