

Kuat Tarik Belah Silinder Beton Dengan Perkuatan Eksternal Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Matrix Epoxy

Julio Wiby Chrisdianantyo¹, Benedictus Sonny Yoedono²,
Dionysius Joseph Djoko Herry Santjojo³

^{1,2}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

³Departemen Fisika - Universitas Brawijaya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: sonny_ft@widyakarya.ac.id

Abstract. Structural reinforcement is essential in construction. When structural damage occurs, external strengthening is applied. umbrella grass (*Cyperus Alternifolius*) with epoxy matrix is a composite material derived from wild plants with strong, durable fibers. The composite consists of crabgrass fiber as filler and epoxy glue as matrix. Fiber alkalization is necessary to remove sap and substances that hinder fiber-matrix bonding. The alkalization process uses 5% NaOH solution for one hour. Test spesimens were normal quality concrete cylinders ($f_c = 25$ MPa) with and without external reinforcement. Concrete mix design followed SNI 7656-2012. Reinforcement thickness variations were 0 mm (A), 1 mm (B), and 2 mm (C), applied using the wrapping method. Splitting tensile strength testing followed SNI 2491-2014. Each variation had 5 spesimens (total 15 spesimens). Results showed increased splitting tensile strength with external crabgrass fiber composite reinforcement. Average compressive strength increased by 0.07 MPa per thickness variation: (A) 2.14 MPa, (B) 2.21 MPa, and (C) 2.29 MPa. This f_c increase is caused by thickness variation affecting splitting tensile strength. Deformation differed between reinforced and unreinforced spesimens..

Keywords: External Reinforcement, *Cyperus Alternifolius* Fiber Composite, Concrete Splitting Tensile Strength, Fiber Alkalization, Reinforcement Thickness

Abstrak. Penguatan struktural sangat penting dalam konstruksi. Ketika terjadi kerusakan struktural, penguatan eksternal diterapkan. Rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) dengan matriks epoksi adalah material komposit yang berasal dari tanaman liar dengan serat yang kuat dan tahan lama. Komposit ini terdiri dari serat rumput kepiting sebagai pengisi dan lem epoksi sebagai matriks. Alkalinisasi serat diperlukan untuk menghilangkan getah dan zat yang menghambat ikatan serat-matriks. Proses alkalinisasi menggunakan larutan NaOH 5% selama satu jam. Spesimen uji berupa silinder beton berkualitas normal ($f_c = 25$ MPa) dengan dan tanpa penguatan eksternal. Desain campuran beton mengikuti SNI 7656-2012. Variasi ketebalan penguatan adalah 0 mm (A), 1 mm (B), dan 2 mm (C), diterapkan menggunakan metode pembungkus. Pengujian kekuatan tarik belah mengikuti SNI 2491-2014. Setiap variasi memiliki 5 spesimen (total 15 spesimen). Hasil menunjukkan peningkatan kekuatan tarik belah dengan penguatan komposit serat rumput kepiting eksternal. Kekuatan tekan rata-rata meningkat sebesar 0,07 MPa per variasi ketebalan: (A) 2,14 MPa, (B) 2,21 MPa, dan (C) 2,29 MPa. Peningkatan f_c ini disebabkan oleh variasi ketebalan yang memengaruhi kekuatan tarik belah. Deformasi berbeda antara spesimen yang diperkuat dan yang tidak diperkuat.

Kata kunci: Perkuatan Eksternal, Komposit Serat Rumput Payung, Daya Tarik Belah Beton, Alkalisasi Serat, Ketebalan Perkuatan

1. LATAR BELAKANG

Berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) sangat berperan dalam kehidupan manusia terutama dalam dunia konstruksi modern. Seiring dengan berkembangnya IPTEK Banyaknya material yang berkembang atau diperbaharui menjadi lebih ramah lingkungan dalam penggunaannya, dalam segistruktur bangunan, desain, bahan, konstruksi maupun material. Perkembangan ini mampu mengantarkan perubahan manusia dalam efektifitas pekerjaan dan ekonomi dalam pembangunan.

Dalam dunia konstruksi sebuah bangunan, beton merupakan material bangunan yang selalu diandalkan dalam sebuah pembangunan seperti pondasi, balok, plat dan kolom. Karena bahan penyusunnya mudah didapat, seperti agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (*additive*). Komposisi rencana (*mix design*), material, pelaksanaan, pemadatan, perawatan dan umur beton juga mempengaruhi nilai kuat tekan beton (Talinusa et al., 2014)

Pada umumnya struktur kolom dan balok dapat berbentuk persegi atau silinder. Saat ini para praktisi konstruksi dihadapkan dengan makin banyaknya struktur yang membutuhkan perkuatan, dengan segala permasalahan seperti perubahan fungsi struktur bangunan yang membutuhkan kapasitas menahan beban yang lebih tinggi, adanya beban yang tidak diantisipasi pada perencanaan awal, kesalahan dalam pelaksanaan misal, seperti kesalahan pada pemasangan tulangan atau mutu beton yang tidak sesuai dengan perencanaan. Kekuatan beton normal berdasarkan kuat tekan f'_c umur 28 hari biasanya mencapai kapasitas 10 – 56 MPa (Wariyatno & Haryanto, 2013). Kerusakan pada silinder beton biasanya terjadi dalam bentuk kerucut, kerucut belah, kerucut geser, geser, dan sejajar sumbu tegak (*kolumnar*) (Indonesia & Nasional, 2011). Dari permasalahan ini perlu dilakukan perkuatan dari lapisan bagian luar beton untuk membantu perkuatan silinder beton.

Awal tahun 1900an teknologi serat sudah mulai diperkenalkan (Limited, 2011), dan ditemukan teknologi perkuatan menggunakan serat yang direkatkan pada lapisan luar beton yaitu, *Fiber Reinforced Polymer* (FRP). FRP sendiri terdiri dari resin, *fiberglass* sebagai bahan penguat dan zat *additive*. Komposit FRP mampu memperbaiki lapisan dari struktur beton yang mengalami kerusakan dengan cara membungkus lapisan luar, ketebalan juga menjadi pengaruh perkuatan yang akan diberikan dalam bentuk karbon atau lembaran yang sudah didesain yaitu, *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CRFP) (Rahai et al., 2008). Tidak jauh berbeda fungsinya dengan FRP, kini para ilmuwan juga mengembangkan teknologi yang sudah pernah ditemukan sebelumnya dalam bidang komposit. Dengan mengandalkan serat alam dari tumbuhan, *Natural Fiber Reinforced Polymer* (NFRP) mendorong konsep pembangunan yang ramah lingkungan (*Green Constuction*). Kekuatan dari serat alam seperti rumput (*Grass*) memegang posisi ke 6 dalam jumlah produksi di dunia sebanyak 700×10^3 Ton, setelah serat linen dan yang pertama adalah serat bambu (Mohammed et al., 2015).

Rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) adalah tanaman yang sering disebut payung lembang atau payung raja yang dikenal memiliki ciri fisik yang khas. Bentuknya yang menyerupai payung, daunnya yang melingkar dibagian atas dan batangnya yang panjang. Tumbuhan ini dapat hidup di dua tempat yaitu di darat dan di air yang tingginya hampir

mencapai 2 meter lebih. Rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) memiliki batang yang lentur dan tidak mudah patah atau putus. Maka dari itu Rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) diperkirakan memiliki kekuatan yang bagus sebagai bahan komposit (Prianggoro, 2009). Bahan komposit adalah inovasi penting di bidang teknologi bahan. Campuran bahan penguat (*reinforcement*) dan matrik (*matrix*) di dalam komposit, mampu memberi banyak keuntungan jika dibanding dengan satu bahan saja. Dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis karakter mekanik komposit dengan komposisi 80% serat rumput payung dan 20% matrik *epoxy*, dan diketahui bahwa serat dan matrik berinteraksi dengan baik dalam kekuatan lentur (Yoedono et al., 2017).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam hasil penelitian ini diambil topik perkuatan lapisan struktur luar beton normal dengan kekuatan rencana f_c 25 MPa menggunakan komposit serat rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) dengan *matrix epoxy* dengan menguji kuat Tarik belah silinder beton.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Definisi Beton

Beton merupakan material komposit Beton pada dasarnya merupakan campuran dari dua komponen yaitu agregat dan pasta. Pasta terdiri dari semen *Portland* dan air, yang mengikat agregat (pasir dan kerikil atau batu pecah) menjadi seperti batuan massa dari pasta yang mengeras karena reaksi kimia (Ginting et al., 2013).

2.2 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton terjadi akibat beton menerima tekanan dan membuat beton melendut, ketika beton melendut beton tidak hanya menerima gaya tekan melainkan menerima gaya tarik pada penampang beton. Metode uji kuat tarik ini terdiri dari pemberian gaya tekan sepanjang diameter spesimen beton silinder pada kisaran laju yang ditentukan sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban dan gaya tekan yang relatif tinggi di daerah sekitar beban kerja. Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan untuk menahan tegangan tekan lebih tinggi dari yang ditunjukkan oleh hasil uji kekuatan tekan uniaksial atau tegangan dalam satu arah (SNI 2491, 2014). Tegangan tarik beton lebih kecil dari 20 % tegangan tekan beton. Kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*) (Arbi, 2014).

2.2.1 Nilai Faktor Air Semen

Untuk memperoleh beton yang baik, diperlukan faktor air semen minimal 0,35. Jika terlalu banyak air yang digunakan, maka akan berakibat kualitas beton menjadi tidak sesuai rencana. Jika nilai faktor air semen lebih dari 0,60, maka akan berakibat kualitas beton yang dihasilkan menjadi buruk.

2.2.2 Rasio Agregat Semen

Semen berfungsi untuk perekat atau pengikat agregat, sehingga semakin besar rasio agregat semen semakin buruk kualitas beton yang dihasilkan, karena kuantitas pasta semen yang menyelimuti agregat menjadi getas karena terlalu keras.

2.2.3 Derajat Kepadatan

Semakin baik cara pemadatan beton segar, semakin baik pula kualitas beton yang dihasilkan. Pemadatan di lapangan biasa dilakukan dengan potongan besi tulangan $\phi 16$ yang ditumpulkan, memukul *bekesting* menggunakan palu karet atau bias juga dengan menggunakan alat bantu vibrator.

2.2.4 Umur Beton

Semakin bertambah umur beton, semakin meningkat pula kekuatan beton. Pada umumnya, pelaksanaan di lapangan, pelepasan *bekesting* dapat dilakukan setelah berumur 14 hari, dan dianggap mencapai kuat tekan 100% pada umur 28 hari.

2.2.5 Perawatan Beton

Silinder beton untuk benda uji dilakukan dengan cara perendaman pada kolam *curing*, sedangkan di lapangan perawatan silinder beton dilakukan dengan cara perawatan lembab (menutup beton dengan karung basah) selama 7- 14 hari.

2.2.6 Jenis semen

Semen tipe I cenderung lebih cepat perekatannya daripada PPC. Semen tipe I akan mencapai kekuatan 100% pada umur 28 hari, sedangkan PPC diasumsikan mencapai kekuatan 100% lebih lama pada umur 90 hari.

2.2.7 Jumlah semen

Semakin banyak jumlah semen yang digunakan, semakin baik kualitas beton yang dihasilkan, karena pasta semen yang berfungsi sebagai matriks pengikat jumlahnya cukup untuk menyelimuti luasan permukaan agregat yang digunakan. Tetapi jika terlalu banyak juga akan membuat mutu beton akan buruk.

2.3 Perkuatan Beton

Beton memiliki kemampuan menahan gaya tekan tetapi lemah dalam menahan gaya Tarik. Perencanaan perkuatan beton biasanya dilakukan dari dalam menggunakan tulangan baja.

Dalam pelaksanaan sering terjadi beban tidak terduga, perkuatan dapat dilakukan secara *external* (dari luar) beton menggunakan metode *wrapping* (dibungkus) (Pah, 2016). Perkuatan menggunakan serat alam mampu mempengaruhi kekuatan dan keuletan silinder beton terhadap gaya tekan (Ain & Bey, 2010).

2.4 Fiber Reinforced Polymer (FRP)

Fiber reinforced polymer (FRP) merupakan material bahan komposit yang terbuat dari matriks polimer yang diperkuat dari serat. FRP umumnya dibuat dari kaca, karbon, aramid dan basal. FRP biasanya digunakan dalam dunia otomotif dan konstruksi (Padwal & Parekar, 2016).

2.5 Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP)

Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP) adalah komposit yang bersal dari serat alam bukan sintetis. Para peneliti dan akademisi menggunakan komposit polimer ini karena ramah lingkungan dan berkelanjutan. Komposit polimer akan lebih kuat apa bila diperkuat oleh serat alam (Mohammed et al., 2015). Serat alami dapat di aplikasikan sebagai lapisan pengikat yang baik dengan campuran bahan kimia, untuk menghilangkan zat yang tidak diperlukan dalam tumbuhan alam tersebut (Khalil et al., 2012). Ada pun kekurangan dari NFRP sendiri yaitu:

1. Penyerapan air yang tinggi
2. Ketahanan api yang lebih rendah
3. Sifat mekanik yang lebih rendah

2.6 Bahan Komposit

Bahan komposit merupakan jenis bahan baru dari hasil rekayasa yang tersusun dari dua bahan atau lebih dimana masing-masing bahan memiliki sifat yang berbeda secara kimia ataupun fisiknya (Rahman et al., 2016). Komposit sendiri terdiri dari *matrix* dan *filler*. *Matrix* biasanya berbahan dasar polimer atau plastik, serta dalam komposit berfungsi sebagai penerima dan penyalur beban. *Filler* pada komposit pada dasarnya adalah serat yang memiliki kekuatan yang baik, serta memiliki fungsi sebagai penanggung beban yang diterima. Dalam Rumput payung (*cyperus alternifolius*) akan digunakan sebagai bahan komposit perkuatan eksternal yang diikat oleh matriks *epoxy*. Bahan komposit serat rumput payung ini memiliki berat yang ringan, bahannya mudah didapat dan biaya pembuatannya yang ekonomis. Komposit ini juga mampu menahan tegangan tarik sebesar sebesar 62,72 MPa (Ade Inanta, 2019) yang memungkinkan komposit serat rumput payung dijadikan bahan perkuatan beton.

2.7 Alkalisasi

Alkali adalah suatu garam ionik basa dengan PH lebih dari 7,0 dari suatu unsur kimia alkali logam atau tanah. Ada yang mendefinisikan alkali sebagai suatu zat basa yang larut dalam air,

yang biasa kita kenal dengan sebutan lainnya yaitu soda api. Serat rumput payung banyak mengandung getah atau zat (hemiselulosa, pektin, selulosa, lignin, dan zat lilin) yang membuat *matrix* tidak mau mengikat pada serat dan mengakibatkan penurunan kualitas kekuatan serat rumput payung ketika menerima beban. Dengan adanya alkali atau soda api ini mampu membatu memperbaiki serat yang memiliki getah dari rumput payung tersebut. Dari segi ekonomis perlakuan alkali pada serat komposit sudah terbukti secara mekanis (Mohammed et al., 2015).

2.8 Mix Design

Mix design atau perencanaan campuran pada mutu beton yang akan direncanakan. Pada masyarakat Sering dijumpai rumus perbandingan sederhana dalam campuran beton normal dengan perbandingan 1:2:3 dengan takaran volume 1 semen, 2 pasir, dan 3 agregat. *Water cement ratio* (w/c ratio) atau faktor air semen memegang pengaruh dalam kekuatan beton usia 28 hari dengan nilai 0.6 sesuai dengan ketentuan SNI 7656 2012 (Design et al., 2016).

2.9 Rumus Uji Tarik Belah

Perhitungan untuk menentukan kekuatan Tarik Belah beton mengacu pada pedoman (SNI 2491, 2014):

$$T = \frac{2P}{\pi l D} \quad (1)$$

T = Kekuatan Tarik Belah (MPa)

P = Gaya Tekan (N)

l = Panjang Silinder Beton (mm)

D = Diameter Silinder beton (mm)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental untuk memperoleh data primer dan sekunder. Penelitian ini dilakukan dan diuji di Laboratorium Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini meliputi:

A. Persiapan alat dan bahan

1. Persiapan material dan *mix design* silinder beton
2. Menyiapkan timbangan, labu takar, kerucut SSD, saringan dan oven
3. Survei lokasi tumbuhan rumput payung
4. Menyiapkan alat potong, tali dan karung sebagai tempat batang yang sudah dipotong

5. Memotong batang rumput payung dan memisahkan dari daun

B. Proses pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

1. Menyiapkan benda uji pasir kondisi kering SSD:

- a. Menyaring dan menimbang pasir kondisi asli yang lolos saringan no. 4 sebanyak 1000 gram
- b. Merendam selama 24 jam, selanjutnya mengangkat dan meniriskan airnya
- c. Mengeringkan pasir dengan cara dipanaskan menggunakan wajan dan kompor. Aduk pasir hingga merata untuk mencari kering SSD. Mendinginkan pasir dan melakukan uji *slump test*
- d. Meletakkan kerucut SSD pada bidang datar yang tidak meresap air
- e. Mengisi kerucut SSD per $1/3$ bagian dan masing-masing bagian ditumbuk sebanyak 8 kali dengan alat tumbuk yang dijatuhkan secara bebas dengan ketinggian 1cm diatas permukaan kerucut
- f. Meratakan permukaan dan mengangkat kerucut berisi pasir secara vertikal perlahan-lahan. Mengukur tinggi penurunan yang terjadi dengan penggaris. Jika pasir berbentuk kerucut dengan tinggi penurunan sekitar $1/3$ tinggi kerucut maka pasir sudah kering SSD. Jika ketinggian penurunan kerucut pasir tidak memenuhi syarat diatas maka pasir belum kering SSD. Jika pasir runtuh keseluruhan (tidak berbentuk kerucut) maka pasir terlalu kering. Jika ditemukan pasir belum kering SSD atau terlalu kering, maka prosedur penyiapan pasir kering SSD diulang (tidak dengan cara menambahkan air pada benda uji pasir yang lama)

2. Pengujian benda uji pasir:

- a. Menimbang berat labu takar 1000cc untuk kontrol berat pasir SSD
- b. Menimbang pasir kondisi kering SSD yang sudah disiapkan pada bagian diatas sebanyak 500gram (W1) dan dimasukkan ke labu takar
- c. Menimbang labu takar yang berisi pasir untuk kontrol berat pasir kering SSD tetap 500gram
- d. Mengisi air suling pada labu takar yang berisi pasir hingga mendekati batas kapasitas 500cc
- e. Mengeluarkan gelembung udara dengan cara memutar-mutar labu takar pada posisi miring. Gelembung udara yang tertangkap pada labu takar dibersihkan dengan pipet

- f. Sesudah gelembung udara keluar, merendam labu takar dalam air sehingga suhunya sama dengan suhu kamar. Setelah suhunya sama, menambahkan air suling pada labu takar hingga batas kapasitas 500cc, kemudian ditimbang (W2)
- g. Mengeluarkan pasir dan air suling dan menempatkan pada pan. Mencuci labu takar dengan air bersih dan membuang air cucian ke pan yang sama. Melakukan dengan perlahan-lahan untuk menjamin tidak ada pasir pada labu takar yang terbang
- h. Membuang air suling dan meniriskan pasir pada pan sehingga pasir tidak lagi terendam oleh air suling. Kemudian mengeringkan pasir dalam oven selama 24 jam, setelah dingin menimbang beratnya (W3)
- i. Mengisi labu takar dengan air suling hingga batas kapasitas kemudian ditimbang (W4)

C. Proses pengujian analisa saringan agregat halus

1. Menyiapkan pasir seberat 1000gram dan memasukan dalam oven selama 24 jam. Setelah kering, menimbang benda uji pasir 500gram
2. Membersihkan setiap saringan dengan bersih lalu ditimbang
3. Menyusun dengan urutan paling bawah adalah pan kemudian ukuran saringan kecil dan seterusnya hingga ukuran terbesar terletak paling atas. Melakukan untuk susunan saringan pasir
4. Memasukan pasir pada saringan teratas kemudian ditutup. Susunan ayakan diletakan pada alat penggetar listrik. Menjepit susunan saringan tersebut lalu menghidupkan motor selama 10 menit maka alat penggetar listrik akan menggetarkan susunan ayakan
5. Mendinginkan ayaka selama 5 menit untuk memberikan kesempatan debu mengendap
6. Membuka saringan, lalu menimbang setiap saringan beserta pasir yang tertahan
7. Menggambar hasil analisa saringan pasir dan pada grafik lengkung saringan untuk menentukan *zone* gradasinya
8. Menghitung modulus kehalusan pasir

D. Proses pengujian berat volume padat/gembur agregat halus

1. Tanpa tumbukan (kondisi tidak padat/gembur):
 - a. Menimbang silinder dalam keadaan kosong, kering dan bersih (W1)
 - b. Mengisi silinder dengan pasir kondisi asli sampai penuh dan meratakan permukaannya
 - c. Mengangkat silinder tersebut setinggi 1cm dan menjatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali
 - d. Setelah selesai, meratakan permukaan dan menimbang beratnya (W2)

2. Dengan tumbukan (kondisi padat):

- a. Menimbang silinder dalam keadaan kosong, kering dan bersih (W1)
- b. Mengisi silinder dengan pasir kondisi asli per $\frac{1}{3}$ bagian sampai penuh. Pada masing-masing bagian ditumbuk dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali
- c. Setelah selesai, ratakan permukaan dan menimbang beratnya (W2)

E. Proses pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

1. Menyiakan batu pecah kondisi asli yang tertahan saringan no. 4 ke atas sebanyak 1000 gram
2. Mencuci batu pecah lalu direndam selama 24 jam
3. Membuang air perendaman lalu batu pecah di tiriskan ke atas kain yang akan menyerap air untuk mengeringkan batu pecah agar kering SSD. Kemudian batu pecah ditimbang hingga kondisi kering SSD (W1)
4. Memasukkan batu pecah ke dalam keranjang dunagan kemudian di celupkan ke dalam kontainer berisi air, keranjang di goyanggoyangkan agar gelembung udara keluar
5. Menimbang batu pecah dengan dengan timbangan dunagan (W2)
6. Mengeringkan batu pecah dengan oven selama 24 jam
7. Setelah didinginkan, timbang batu pecah untuk kondisi kering oven (W3)

F. Proses pengujian analisa saringan agregat kasar

1. Menyiapkan batu pecah seberat 1000 gram dan dimasukan dalam oven 24 jam. Setelah kering menimbang benda uji pasir 500 gram
2. Membersihkan setiap saringan dengan sikat
3. Saringan disusun dengan urutan ukuran pan paling bawah dan lebih besar ke atas
4. Memasukan pasir pada saringan paling atas lalu ditutup kemudian susunan ayakan diletakan pada alat penggetar listrik. Jepit susunan saringan, lalu hidupkan selama 10 menit maka alat penggetar listrik akan menggetarkan susunan ayakan
5. Setelah itu, saringan didiamkan selama 10 menit agar debu mengendap
6. Saringan dibuka lalu menimbang batu pecah yang terendap di setiap saringan
7. Menggambar hasil analisa saringan pasir dan pada grafik lengkung saringan untuk menentukan *zone* gradasinya
8. Hitung modulus kehalusan batu pecah

G. Proses pengujian berat volume padat/gembur agregat kasar

1. Tanpa tumbukan (kondisi tidak padat/gembur):
 - a. Silinder dalam keadaan kosong, kering dan bersih ditimbang (W1)

- b. Silinder di isi dengan batu pecah kondisi asli sampai penuh dan ratakan permukaannya
 - c. Angkat silinder tersebut setinggi 5cm dan jatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali
 - d. Setelah selesai, ratakan permukaannya dan ditimbang beratnya (W2)
2. Dengan tumbukan (kondisi padat):
- a. Silinder dalam keadaan kosong, kering dan bersih ditimbang (W1)
 - b. Silinder di isi dengan batu pecah kondisi asli per $\frac{1}{3}$ bagian sampai penuh. Pada masing masing bagian ditumbuk dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali
 - c. Setelah selesai, ratakan permukaannya dan ditimbang beratnya (W2)

H. Proses pembuatan silinder beton

1. Kondisikan agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan SSD agar pengerjaan pencampuran beton tidak perlu menambah atau mengurangi air
2. Timbang setiap bahan sesuai perhitungan, serta tambahkan 10 – 20 % setiap bahan untuk mengantisipasi kekurangan akibat menempel pada dinding *mixer*
3. Campur/masukan ke dalam mixer bahan pembentuk beton secara kering sedikit-sedikit/ secukupnya, kemudian air dan seterusnya
4. Sebaiknya sisakan air sedikit pada waktu pencampuran bahan pembentk beton, sebagai koreksi
5. Setelah campuran homogeny, tuang adukan ke talam dan segera di lakukan uji slump
6. Apabila nilai slump telah memenuhi/sesuai rencana, langsung masukan adukan beton ke dalam cetakan yang telah disiapkan, dengan cara masukan/isi cetakan setiap $\frac{1}{3}$ bagian tinggi cetakan, kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali merata, sampai penuh. Pematatan dapat juga di lakukan dengan menggunakan vibrator/meja getar dan atau dengan palu karet yang dipukulkan pada bagaian luar dinding cetakan. Pematatan ini dimaksudkan agar beton menjadi padat, tanpa rongga baik di dalam maupun diluar/permukaan beton
7. Ratakan permukaan beton dengan cetok agar permukaan rata, sehingga pada saat di uji tekan seluruh permukaan menerima gaya tekan yang sama besar
8. Timbang beton beserta cetakan dalam kondisi basah atau tunggu selama 1 jam awal, kemudian ambil air yang keluar dari beton menggunakan pipet, peristiwa ini disebut *bleeding*
9. Setealah 24 jam, buka cetangan dengan hati-hati dan beri tanda/kode agar tidak tertukar dengan benda uji lain

10. Rawat benda uji dengan cara direndam dalam air atau tutup dengan karung basah selama umur perawatan
11. Keringkan benda uji, dengan cara 24 jam sebelum pengujian

I. Proses pembuatan serat

1. Memotong batang rumput payung sepanjang 49 cm
2. Memipihkan batang rumput payung menggunakan mesin pemipih serat
3. Menjemur serat rumput payung

J. Proses perendaman serat menggunakan alkali

1. Melarutkan alkali kedalam wadah dengan perbandingan 5% pada 100 ml air
2. Rendam serat dengan durasi 1 jam perendaman
3. Bilas serat menggunakan air bersih hingga benar-benar bersih
4. Susun serat pada kayu penjepit yang dilengkapi dengan kayu pengeang
5. Jemur serat hingga kering

K. Proses pembuatan spesimen

1. Menyiapkan silinder benda uji yang akan diberi perkuatan, bersihkan permukaan silinder beton.
2. Menyiapkan resin dan hardener dengan perbandingan 1:1, kemudian dicampur dengan thinner agar mudah dalam pengaplikasiannya, campuran harus sampai bening
3. Menyiapkan satu lembar plastik berukuran 40 x 60 cm (sebagai lapisan pemisah agar tidak merekat dengan alat *press*), lapisi minyak secukupnya
4. Lepas serat yang sudah kering dari kayu penjepit, kemudian disusun secara vertikal dan horizontal pada silinder beton yang sudah dilapisi *epoxy*
5. Mengoleskan lapisan *epoxy* pada bagian serat secara merata
6. Press serat menggunakan cetakan pipa PVC yang diikat oleh *clamp*
7. Biarkan pengepresan selama 2 x 24 jam, kemudian lepas cetakan

L. Pengujian spesimen

1. Mempersiapkan alat dan benda uji yang telah berbentuk sesuai dengan SNI 1974 2011
2. Meletakkan benda uji pada mesin uji tekan beton dengan menidurkan benda
3. Menaruh tulangan besi sebagai alat tambahan untuk pengujian Tarik belah beton
4. Benda uji akan ditekan secara perlahan
5. Merekam benda uji selama proses pengujian berlangsung hingga mencapai kekuatan maksimal pada *load meter*

M. Analisa dan kesimpulan

1. Mengambil data pengujian

2. Mengolah data pengujian menggunakan Microsoft Excel
3. Menganalisa dan mengambil kesimpulan

3.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini, perkuatan silinder beton menggunakan komposit serat rumput payung dengan matrix epoxy akan dilakukan pengujian terhadap kekuatan tarik belah silinder beton. Pengujian ini menggunakan SNI 2491-2014 (Standar Nasional Indonesia), cara menguji kuat tarik belah beton. Komposisi pada benda uji ini menggunakan mutu $f'c$ 25 MPa pada silinder beton dan perbandingan 80% serat rumput payung, 20% matrix epoxy. Pada pengujian Tarik belah silinder beton ini, benda uji berupa silinder beton yang sudah berusia 28 hari akan dibungkus menggunakan spesimen komposit serat rumput payung dengan variasi tanpa perkuatan, ketebalan 1 mm, 2 mm, masing-masing variasi terdiri 5 benda uji.

Berikut adalah spesifikasi benda uji yang akan dibuat:

1. Spesimen uji tarik belah silinder

Spesimen dibuat 5 menggunakan silinder beton ukuran 150 mm x 300 mm yang mengacu pada SNI 1917 2011. Ketebalan perkuatan sesuai perencanaan.

2. Jumlah spesimen

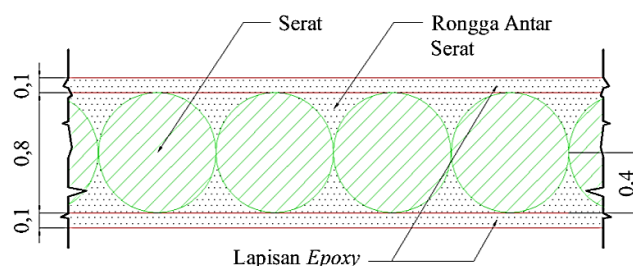
Pada setiap spesimen dengan atau tanpa perkuatan menggunakan komposit serat rumput payung yaitu lima buah spesimen. Dari tiga variasi maka akan didapatkan lima belas buah spesimen. Jumlah spesimen dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Jumlah spesimen

No	Variasi ketebalan (mm)	Jumlah spesimen (buah)
1	0	5
2	1	5
3	2	5

3. Komposisi *Matrix*

Unsur penyusun komposit seperti matrix dan serat berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan, maka penentuan komposisi dalam penyusunan memegang peranan penting. Pada penelitian ini, perbandingan komposisi antara serat dan matrix adalah 80% : 20%.



Gambar 1. Susunan serat pada tiap lamina

(Sumber: Inanta, 2019)

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan berat serat dan matrix dalam tiap lamina berukuran 300 mm x 490 mm:

a. Menghitung volume *matrix epoxy*

Tebal *epoxy* lapis bawah x panjang lamina x lebar lamina
 = 0,1 mm x 490 mm x 300 mm = 14.700 mm³

b. Menghitung volume matrix epoxy pada rongga antar serat

1) Menghitung luas lingkaran serat

$$[0,25 \cdot \pi \cdot (\text{diameter serat})]^2 = [0,25 \times 3,14 \times (0,8)]^2 = 0,502 \text{ mm}^2$$

2) Menghitung jumlah susunan serat

$$\text{Panjang} : \text{diameter} = 490 : 0,8 = 612,5 \approx 613 \text{ buah serat}$$

3) Menghitung luas serat total

$$\text{Jumlah serat} \times \text{luas lingkaran} = 613 \text{ serat} \times 0,502 \text{ mm}^2 = 307,726 \text{ mm}^2 \approx 308 \text{ mm}^2$$

4) Menghitung luas lapisan

$$\text{Panjang lamina} \times \text{tebal lamina} = 490 \text{ mm} \times 0,8 \text{ mm} = 392 \text{ mm}^2$$

5) Menghitung luas rongga *matrix epoxy* keseluruhan

$$\text{Luas lapisan} - \text{luas serat total} = 392 \text{ mm}^2 - 308 \text{ mm}^2 = 84 \text{ mm}^2$$

6) Menghitung volume rongga total

$$\text{Luas rongga keseluruhan} \times \text{lebar lamina} = 84 \text{ mm}^2 \times 300 \text{ mm} = 25.200 \text{ mm}^3$$

7) Menghitung volume rongga

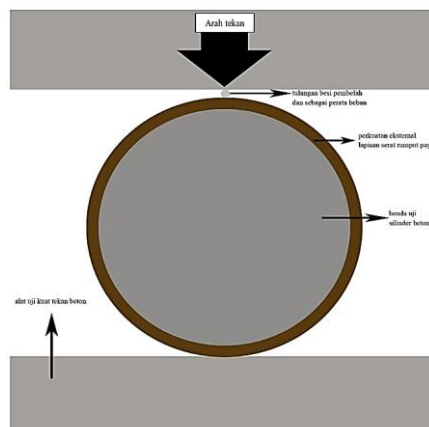
$$\text{Volume rongga total} : 2 = 25.200 \text{ mm}^3 : 2 = 12.600 \text{ mm}^3$$

c. Total volume *matrix epoxy* dalam satu lapis

$$\text{Vol. epoxy 1 lapis} + \text{Vol. epoxy rongga antar serat} \\ = 14.700 \text{ mm}^3 + 12.600 \text{ mm}^3 = 27.300 \text{ mm}^3 = 27,3 \text{ ml}$$

d. Total Volume *matrix epoxy* untuk 2 lapis

$$\text{Total volume matrix epoxy dalam satu lapis} \times 4 = 27,3 \text{ ml} \times 4 = 109,2 \text{ ml}$$



Gambar 1. Setup Benda Uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Spesimen

Hasil kuat tarik belah pada variasi ketebalan perkuatan eksternal silinder beton yang diperkuat menggunakan komposit serat rumput payung, mengalami kenaikan nilai kuat tarik belah. Setiap variasi terdiri dari 5 (lima) spesimen yang tanpa dan diberi perkuatan dengan tebal rencana 0 mm, 1 mm, dan 2 mm. Menggunakan silinder beton berusia 28 hari, dengan mutu rencana $f'c$ 25 MPa sebanyak 15 (lima belas) buah silinder beton.

4.2 Mix Design Beton ($f'c$) 25 MPa

Dalam pelaksanaan pembuatan mix design seluruh material telah melalui tahap pengujian sesuai standar, diperoleh hasil mix design pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Perencanaan Pembuatan Spesimen Dengan Faktor Koreksi 10%

Jumlah Bahan (Teoritis)	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kondisi SSD	
			Halus (kg)	Kasar (kg)
Tiap m ³	410	205	604	906
Tiap Campuran Uji 0,06 m ³	24,6	12,3	26,24	54,36
Proporsi Campuran Koreksi				
Tiap m ³	451	225,5	664,4	996,6
Tiap Campuran Uji 0,06 m ³	27,06	13,53	39,86	59,80

Kebutuhan Sesungguhnya	Kebutuhan	kg	m ³	15 Silinder
Semen	26,25	0,0582	2,6	39,4
Air	13,12	0,0582	1,3	19,7
Kerikil	58,00	0,0582	5,8	87,0
Pasir	38,67	0,0582	3,9	58,0

Data dalam Tabel 2. di atas menunjukkan kebutuhan campuran tiap 10 (sepuluh) buah silinder, 1 (satu) silinder, dan 15 (lima belas) buah silinder beton.

Tabel 3. Hasil pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan	1 (gram)	2 (gram)	3 (gram)	Rata-rata
berat pasir SSD (W1)	500	500	500	500
berat labu + pasir kering SSD + air (W2)	1281.60	1281.30	1280.60	1281.17
berat pasir kering oven (W3)	495.50	496.10	496.30	495.97
berat labu + air (W4)	1001.20	1001.20	1001.20	1001.20
berat jenis curah = $W3/(W4+W1-W2)$	2.26	2.26	2.25	2.25
berat jenis SSD = $W1/(W4+W1-W2)$	2.28	2.27	2.27	2.27
berat jenis semu = $W3/(W4+W3-W2)$	2.30	2.30	2.29	2.30
penyerapan pasir = $[(W1-W3)/W3]*100\%$	0.91	0.79	0.75	0.81
kadar air = $[(500-W3)/500]*100\%$	0.90	0.78	0.74	0.81

Dari Tabel 3. di atas dapat dilihat hasil perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air dari agregat halus.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Keterangan	1 (gram)	2 (gram)	3 (gram)	Rata-Rata	Absolut
berat batu pecah kering SSD (W1)	500	500	500	500	500
berat batu pecah dalam air (W2)	305.00	301.00	301.00	302.33	302.33
berat batu pecah kering oven (W3)	486.20	483.10	482.70	484.00	484
berat jenis curah = $W3/(W2-W1)$	-2.49	-2.43	-2.43	-2.45	2.45
berat jenis SSD = $W1/(W2-W1)$	-2.56	-2.51	-2.51	-2.53	2.53
berat jenis semu = $W3/(W3-W2)$	2.68	2.65	2.66	2.66	2.66
penyerapan pasir = $[(W1-W3)/W3]*100\%$	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
kadar air = $[(500-W3)/500]*100\%$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Dari Tabel 4. di atas dapat dilihat hasil perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air dari agregat kasar.

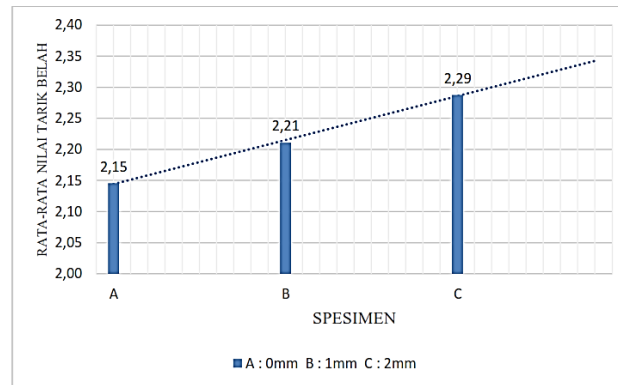
4.3 Kekuatan Tarik Belah Silinder

Hasil dari pengujian nilai kuat Tarik Belah Silinder dari 15 spesimen benda uji silinder tanpa perkuatan 5 buah, perkuatan 1mm 5 buah, perkuatan 2 mm 5 buah adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Tarik Belah Silinder

NO	Spesimen	p(Kn)	P(N)	T(MPa)	rata-rata (MPa)
1	A1	148	148000	2,09	2,14
2	A2	161	161000	2,27	
3	A3	141	141000	1,99	
4	A4	151	151000	2,13	
5	A5	157	157000	2,22	
6	B1	140	140000	1,98	2,21
7	B2	156	156000	2,21	
8	B3	165	165000	2,33	
9	B4	152	152000	2,15	
10	B5	168	168000	2,37	
11	C1	133	133000	1,88	2,29
12	C2	174	174000	2,46	
13	C3	157	157000	2,22	
14	C4	185	185000	2,61	
15	C5	159	159000	2,25	

Dalam penilitan ini benda uji C lebih memiliki hasil rata rata lebih tinggi dari pada spesimen A dan spesimen B. Peningkatan rata rata pada setiap spesimen naik hamper 0,2 MPa. Hasil dari naiknya kuat tarik belah silinder beton dapat dilihat dari grafik diagram batang berikut:



Gambar 2. Rata-rata Hasil Uji Tarik Belah Silinder

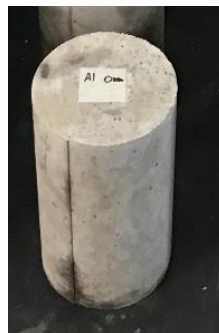
Analisis dari grafik diatas dapat terlihat hasil rata - rata uji belah spesimen A 2,14 Mpa lalu spesimen B naik ke 2,21 MPa dan di spesimen ke 3 yaitu spesimen C naik lagi ke 2,28 Mpa mendekati 2,3 Mpa. Peningkatan terjadi pada spesimen menggunakan perkuatan eksternal karena semakin tebal perkuatan, spesimen semakin ducttail atau mengalami proses deformasi mulai retak hingga terbelah.

4.4 Bentuk Deformasi atau Keretakan

Pada proses pengujian dapat diamati terjadinya perubahan bentuk benda uji atau deformasi. Proses perubahan bentuk ini diakibatkan pemberian melampaui kekuatan yang mampu diterima yang mengakibatkan rusaknya *matrix* dan *filler* pada benda uji.

Dari hasil pengujian dapat dilihat hasil deformasi dari beberapa spesimen yang ada, sebagai berikut:

1. Spesimen A



Gambar 3. Spesimen A Sebelum Pengujian



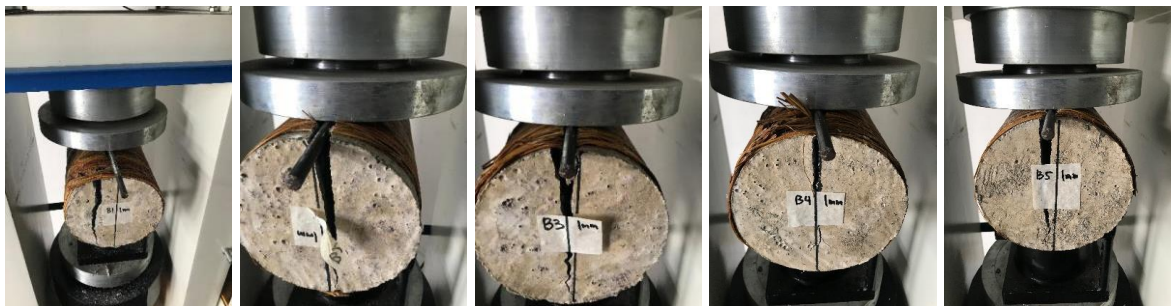
Gambar 4. Spesimen A Sesudah Pengujian

Dapat dilihat perbedaan sebelum pengujian dan sesudah pengujian. Dari spesimen di atas, dimana semua spesimen A tanpa perkuatan mengalami deformasi terbelah menjadi 2 bagian setelah proses pengujian.

2. Spesimen B



Gambar 5. Spesimen B Sebelum Pengujian



Gambar 6. Spesimen B Sesudah Pengujian

Dapat dilihat dari hasil Pengujian yang terjadi pada spesimen B mengalami deformasi lapisan luar serat komposit dan silinder beton yaitu terbelah di bagian atas spesimen. Untuk pengujian B memiliki jangka waktu pengujian yang lama dibandingkan dengan spesimen A dikarenakan alat uji tidak langsung bersentuhan dengan silinder melainkan dengan serat terlebih dahulu.

3. Spesimen C



Gambar 7. Spesimen C Sebelum Pengujian



Gambar 8. Spesimen C Sesudah Pengujian

Dapat Dilihat hasil pengujian spesimen C mengakibatkan deformasi yang sama dengan deformasi pada spesimen B sebelumnya yaitu rumput bagian atas terbelah dan silinder beton terbelah, namun bagian bawah serat tidak terbelah.

4.5 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Perkuatan Eksternal

Pada perencanaan tebal spesimen dengan dan tanpa perkuatan adalah 0 mm, 1 mm, 2 mm. Dalam proses pelaksanaan pembuatan spesimen perkuatan, ketebalan yang didapat menjadi bervariasi dari tebal yang direncanakan. Ini dikarenakan faktor bahan, dan proses pengujian spesimen beton.

1. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serat alami yang sudah mengalami pengalkalisasian. Pada akhir proses pengolahan serat, serat dijemur dan mengalami perubahan bentuk dan ukuran yang bervariasi, serat menjadikeriting, menyusut dan kaku. Hal tersebut membuat proses wrapping pada silinder beton membutuhkan ketelitian yang tinggi dikarenakan serat yang kaku mengering, ditambah lagi dengan media alat penyusun yang tidak transparan mengakibatkan serat tidak bias tertata dengan rapi dan sejajar.

2. Proses pengujian spesimen

Pada proses pengujian spesimen menggunakan mesin lotmeter untuk melakukan pengujian. Untuk menentukan titik belah tepat di tengah, sebelum melakukan pengujian pada spesimen diberikan garis belah.

4.6 Perbandingan Nilai Kuat Tarik Belah Maksimum Terhadap Variasi Ketebalan Perkuatan

Dalam pengujian spesimen yang sudah dilakukan perkuatan eksternal, diperoleh hasil nilai kuat tarik belah maksimum pada 3 (tiga) variasi ketebalan yang memiliki nilai tarik belah tertinggi dapat dilihat pada Tabel 6. di awah ini.

Tabel 6. Hasil beban maksimum rerata dengan variasi ketebalan perkuatan

No.	Spesimen	Variasi Ketebalan	P	T
		(mm)	(kN)	(MPa)
1	A2	0	161000	2,28
2	B5	1	168000	2,38

3	C4	2	185000	2,61
---	----	---	--------	------

Dari Tabel 6. di atas dapat dilihat hasil maksimum dari setiap spesimen, pada nilai T (hasil perhitungan kuat tarik belah) terdapat kenaikan di setiap spesimen benda uji.

4.7 Pengaruh Perkuatan Eksternal Terhadap Nilai Kuat Tarik Silinder Beton

Dari hasil pengamatan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3. Pada hasil uji Tarik belah silinder nampak adanya kenaikan yang menunjukkan nilai kuat tarik belah setiap spesimennya beserta rata-rata mengalami kenaikan. Dengan diberinya perkuatan pada lapisan luar selimut beton menggunakan komposit serat rumput payung, memberikan pengaruh berupa peningkatan nilai kuat tarik silinder beton. Peningkatan kekuatan tarik belah pada silinder ini akibat diberikan lapisan spesimen menggunakan komposit serat rumput payung, yang mampu menahan gaya tarik belah pada silinder beton. Gaya Tarik berhasil ditahan oleh komposit serat rumput payung dan meningkatkan kekuatan tarik belah terhadap kehancuran beton. Dalam kerusakan beton, perkuatan menjadi pengaruh bagi silinder beton dikarenakan kehancuran pada silinder beton sendiri tidak langsung mengalami kehancuran karena ada serat yang menahan silinder beton tersebut

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian analisis tarik belah silinder beton dengan perkuatan eksternal komposit serat rumput payung (*cyperus alternifolius*) *matrix epoxy* yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan terjadi pengaruh peningkatan nilai kuat tarik belah silinder beton. dapat dilihat dari nilai rata rata hasil pengujian pada tabel dan gambar grafik bahwa spesimen C dengan ketebalan 2mm 2,29 MPa. Nilai tertinggi kuat tarik belah silinder beton sendiri terdapat pada spesimen C4 dengan nilai T 2,61MPa. selanjutnya yang didapatkan dari uji tarik belah silinder sendiri adalah bentuk deformasi yang diakibatkan pemberian melampaui kekuatan yang mampu diterima yang mengakibatkan rusaknya *matrix* dan *filler* pada benda uji pada spesimen tanpa perkuatan beton langsung terbelah atau dapat diartikan getas, sedangkan beton dengan perkuatan eksternal mengalami *ducktail* atau mengalami kerusakan tidak langsung melainkan mengalami keretakan terlebih dahulu sebelum terbelah.

5.2 Saran

1. Menambahkan jumlah lapisan perkuatan pada lapisan eksternal pada silinder beton.
2. Menambahkan jumlah clamp penjepit atau memodifikasi alat pres dengan plat baja yang sudah berbentuk silinder, dengan tujuan lapisan tebal rencana tercapai dan beban pres pada silinder dapat merata.

3. Pada proses perakitan spesimen benda uji, diharapkan menggunakan plastik transparan sebagai media lapisan pembatas antara komposit serat rumput payung dengan alat pres agar saat penataan serat bias dilihat dan ditata dengan lebih rapi.
4. Melakukan pelaksanaan uji tarik belah silinder dengan acuan SNI 2491-2014
5. Pembahasan dapat ditambahkan dengan waktu kehancuran pada saat proses pengujian tarik belah berlangsung.

DAFTAR REFERENSI

- Bowles, J. E. (1993). Analisis dan Desain Pondasi. Erlangga.
- Frick, Henz, & Setiawan, P. L. (2001). Ilmu Konstruksi Bangunan (Kanisius (ed.)).
- Hardiyatmo, H. . (2015). Analisis dan Perancangan Pondasi II. Gramedia Pustaka Utama.
- Jusi, U. (2018). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test). SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 1(2), 50–82. <https://doi.org/10.31849/siklus.v1i2.136>
- Rahardjo, P. P. (2000). Manual Pondasi Tiang. Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.
- Tobing, D. L. (2019). Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartment Medan. 1–79.
- Wahyusep.(2012). Pondasi Strauss atau Bore Pile. <http://belajarsipil.blogspot.com/2012/06/pondasi-strauss-pile-atau-bored-pile.html>
- Yuliawan, E., & Sipil, M. (2018). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test. Jurnal Konstruksia, 9(2), 1–13.
- Ade Inanta, C. (2019). ANALISIS PERLAKUAN ALKALI SERAT RUMPUT PAYUNG (Cyperus Alternifolius) TERHADAP KEKUATAN TARIK PLAFON KOMPOSIT DENGAN MATRIX EPOXY.
- Ain, R., & Bey, E. (2010). FRP-confined Concrete Cylinders: Axial Compression Experiments and Strength Model 1. 29(16). <https://doi.org/10.1177/0731684409355199>
- Arbi, M. H. (2014). Hubungan Antara Tegangan-regangan (Stress – Strain Relationships) Pada Beton. Lentera: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi, 14(10), 38–44.
- Design, M. I. X., Tabel, C., & Bagio, H. (2016). Mix Design - SNI 7656 - 2012. 2012, 2–7.
- Ginting, A., Satriyajati, A. N., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., Janabadra, U., Jurusan, A., Sipil, T., Teknik, F., & Janabadra, U. (2013). Kuat Tekan Beton Berdasarkan Sni-Dt-91-0008-2007 Pada Berbagai Variasi Kadar Air Agregat 2. Jurnal Teknik, 3(1), 1–10.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.
- Khalil, H. P. S. A., Bhat, I. U. H., Jawaid, M., Zaidon, A., Hermawan, D., & Hadi, Y. S. (2012). Bamboo fibre reinforced biocomposites : A review. Materials and Design, 42, 353–368. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.06.015>
- Limited, W. P. (2011). FIBROUS AND COMPOSITE MATERIALS FOR CIVIL ENGINEERING APPLICATION (F. R (ed.)). WOODHEAD PUBLISHIG.

- Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaid, M., & Islam, M. S. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*, 2015, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2015/243947>
- Padwal, P. S., & Parekar, S. R. (2016). Review paper of Analysis of FRP Confined Cylinders under Axial Compression. 3(6), 12–15.
- Pah, J. J. S. (2016). KOMPONEN STRUKTUR BETON DENGAN PERKUATAN EKSTERNAL. V(1), 53–66.
- Prianggoro, H. (2009). Rumput Payung: Si Bandel yang Fleksibel. *KOMPAS.Com*.
- Rahai, A. R., Sadeghian, P., & Ehsani, M. R. (2008). Experimental Behavior of Concrete Cylinders Confined with CFRP Composites.
- Rahman, A., Farid, M., & Ardhyanta, H. (2016). Pengaruh Komposisi Material Komposit dengan Matriks Polypropylene Berpenguat Serat Alam Terhadap Morfologi dan Kekuatan Sifat Fisik. *Teknik ITS*, 5(2), 209–211.
- SNI 2491. (2014). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–17.
- Talinusa, O. G., Tenda, R., Tamboto, W. J., Teknik, F., Sipil, J. T., Sam, U., & Manado, R. (2014). PENGARUH DIMENSI BENDA UJI TERHADAP KUAT TEKAN BETON. 2(7), 344–351.
- Wariyatno, N. G., & Haryanto, Y. (2013). SERAT KASA ALUMINIUM AKIBAT VARIASI SUHU Compressive Strength and Split Cylinder Strength As The Estimated Value of Residual Strength of Aluminium Wire-mesh Fibre Concrete Due to Variation of Temperature. 9(1).
- Yoedono, B. S., Santjojo, D. J. D. H., & Martino, B. (2017). ANALISIS KEKUATAN LENTUR PLAFON KOMPOSIT SERAT RUMPUT PAYUNG (*Cyperus Alternifolius*) DENGAN MATRIK EPOXY. *Proceeding of National Seminar-Muhammadiyah University-Malang-2017*, ISBN : 978-979-796-292-0, 2–8.