

Glass Reinforced Concrete (GRC)

Lisa Khusna Hendrawati

Teknik Pengolahan limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email: lisahendrawati@student.ppns.ac.id

Roudotul Magfiroh Ariada

Teknik Pengolahan limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email: roudotulariada@student.ppns.ac.id

Denny Oktavina R

Teknik Pengolahan limbah, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Alamat: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya,
Jawa Timur 60111

Korespondensi Penulis: lisahendrawati@student.ppns.ac.id

Abstract. *Background: Glass Reinforced Concrete (GRC) is an innovative construction material that combines glass fiber with concrete, providing high strength and durability. However, the influence of GRC mixture composition on flexural strength values has not been studied in depth. Therefore, this study aims to analyze the effect of GRC mixture composition variables, such as the ratio between glass fiber and concrete binder, on flexural strength. It is hoped that the results of this research can provide deeper insight into the use of GRC in construction and help develop more efficient and durable construction materials. Results: From the results of the discussion regarding the effect of differences in fiberglass composition on flexural strength, it was found that the addition of 2% fiber resulted in an average flexural strength of 23.01 kgf/cm², with an increase of up to 49.77 kgf/cm² at 1% fiberglass. However, with a fiber composition of 0.8%, the highest flexural strength was obtained at 56.84 kgf/cm². The addition of fibers that exceed the maximum limit can reduce the density of GRC concrete so that its ability to distribute bending strength forces is reduced. Meanwhile, the effect of fly ash substitution on flexural strength shows that replacing some of the cement with fly ash by 20% can increase the flexural strength value of GRC, because the silica and alumina compounds in fly ash can speed up the hydration process. However, of the five specimens tested, none met the SNI 8299:2017 standard which requires a minimum average flexural strength of 100 kgf/cm²*

Keywords: *Glass Fiber Reinforced Concrete (GRC), Flexural Strength, Mixture Composition*

Abstrak. Latar Belakang: *Glass Reinforced Concrete (GRC)* merupakan inovasi material konstruksi yang menggabungkan serat kaca dengan beton, memberikan kekuatan dan keawetan yang tinggi. Namun, pengaruh komposisi campuran GRC terhadap nilai kekuatan lentur belum banyak diteliti secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variabel komposisi campuran GRC, seperti perbandingan antara serat kaca dan bahan pengikat beton, terhadap kekuatan lentur. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang penggunaan GRC dalam konstruksi dan membantu pengembangan material konstruksi yang lebih efisien dan tahan lama. Hasil: Dari hasil pembahasan mengenai pengaruh perbedaan komposisi fiberglass terhadap kuat lentur, ditemukan bahwa penambahan serat sebesar 2% menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 23,01 kgf/cm², dengan peningkatan hingga 49,77 kgf/cm² pada 1% fiberglass. Namun, pada komposisi serat fiber sebesar 0,8%, didapatkan kuat lentur tertinggi sebesar 56,84 kgf/cm². Penambahan serat yang melebihi batas maksimum dapat mengurangi kepadatan beton GRC sehingga kemampuan dalam mendistribusikan gaya kuat lentur berkurang. Sementara itu, pengaruh substitusi fly ash terhadap kuat lentur menunjukkan bahwa penggantian sebagian semen dengan fly ash sebesar 20% dapat meningkatkan nilai kekuatan lentur GRC, karena senyawa silika dan alumina dalam fly ash dapat mempercepat proses hidrasi. Meskipun demikian, dari kelima spesimen yang diuji, tidak ada yang memenuhi standar SNI 8299:2017 yang mensyaratkan kuat lentur rata-rata minimum 100 kgf/cm².

Kata Kunci: Glass Fiber Reinforced Concrete (GRC), Kekuatan Lentur, Komposisi Campuran

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bangunan meningkat seiring dengan tingginya pertumbuhan penduduk. Bahan bangunan yang digunakan harus memiliki kelebihan dari segi ketahanan dalam penggunaannya. Beton merupakan salah satu bahan yang sering digunakan karena kuat tekannya yang cukup tinggi, bisa dibentuk sesuai keinginan dan dapat dikombinasikan dengan bahan lainnya (Zulkifly et al., 2013). Salah satu bentuk olahan beton yang biasanya digunakan sebagai pertisi bangunan dan langit-langit rumah adalah papan beton ringan. Papan beton ringan adalah papan beton yang mengandung agregat ringan dan memiliki densitas kecil dari 1,9 g/cm³. Produk papan beton ringan yang banyak beredar di pasaran yaitu GRC (Glassfiber Reinforced Concrete). GRC memiliki kelemahan yaitu harganya yang cukup mahal dan serat kaca yang digunakan sebagai penguat sulit terurai di tanah sehingga berdampak pada lingkungan. Kelemahan yang dimiliki GRC dapat diatasi dengan membuat papan beton ringan dengan bahan tambahan serat alam.

Beton Glassfiber Reinforced Concrete (GRC) adalah jenis beton yang diperkuat dengan serat kaca, yang memberikan kekuatan dan ketahanan yang lebih baik daripada beton konvensional (Fianca dkk, 2015). Bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen, serat kaca, dan bahan pengisi lainnya. Beton GRC adalah bahan yang cukup populer digunakan pada bangunan gedung karena memiliki beberapa keuntungan seperti daya tahan yang tinggi, mudah dibentuk, ringan dan tahan terhadap cuaca. Beberapa contoh penggunaan beton GRC pada bangunan gedung ialah : Fasad bangunan: Beton GRC dapat digunakan untuk membuat panel fasad bangunan yang ringan, tahan cuaca, dan mudah dipasang. Panel ini dapat dibentuk dengan berbagai ukuran dan bentuk untuk menciptakan desain yang unik. Kolom dan balok: Beton GRC dapat digunakan untuk membuat kolom dan balok yang lebih ringan dan kuat daripada beton konvensional.

Dinding beton GRC adalah jenis dinding yang terbuat dari campuran beton dan serat kaca untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya (Tiyani dkk, 2019). Teksturnya halus dan permukaannya dapat dicetak atau dibentuk sesuai dengan desain yang diinginkan. Warna yang biasanya digunakan untuk dinding beton GRC adalah abu-abu, coklat, atau putih, tetapi dapat juga dicat dengan warna yang berbeda untuk menciptakan tampilan yang lebih menarik. Dinding beton GRC sangat umum digunakan untuk bangunan komersial, seperti gedung perkantoran, hotel, dan pusat perbelanjaan. Dinding beton GRC dapat dibuat dengan berbagai bentuk dan desain yang menarik, serta tahan terhadap cuaca dan kebakaran. Selain itu, dinding ini juga lebih ringan dan mudah dipasang dibandingkan dengan dinding beton biasa.

Berbagai jenis bangunan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Inovasi GRC diterapkan dibangunan mempunyai beragam pilihan fungsi, jenis, bentuk dan ukuran. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa penerapan GRC dapat memberikan kesan lokal pada bangunan (Hendriyani, Paramadhyaksa, & Salain, 2017) dan penerapan GRC pada bangunan dipertimbangkan efisien dan fleksibel dengan bahan dasar yang dapat diintegrasikan dengan alternatif lain bahan (Munandar, 2018). Pada penelitian sebelumnya telah dijelaskan bahwa GRC bisa saja dipasang sebagai struktur bangunan (Branco, Ferreira, Brito, & Santos, 2001) dan juga membuktikan hal itu GRC merupakan material ramah lingkungan yang kuat, ringan, tahan cuaca, menarik dan tahan api (E.K. Vahidi, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi campuran *Glass Fiber Reinforced Concrete* (GRC) terhadap nilai kekuatan lentur. GRC merupakan material konstruksi yang menggabungkan serat kaca dengan beton, memberikan kekuatan dan keawetan yang tinggi. Dalam penelitian ini, variabel komposisi campuran GRC seperti perbandingan antara serat kaca dan bahan pengikat beton akan divariasikan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kekuatan lentur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang penggunaan GRC dalam konstruksi dan membantu dalam pengembangan material konstruksi yang lebih efisien dan tahan lama.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi GRC

Glassfiber Reinforced Concrete (GRC) adalah material komposit yang terdiri dari semen Portland, pasir mortar, diperkuat dengan serat gelas. GRC bisa saja mengandung material pengisi tambahan dan campuran lain jika dibutuhkan (*National Precast Concrete Association Australia*, 2006). Menurut *British Standard Institution Glassfiber Reinforced Concrete* (GRC) adalah material yang terbuat dari campuran pasta semen-pasir yang diperkuat dengan serat kaca. GRC merupakan gabungan dari dua material yang memiliki sifat berbeda, nilai kuat tekan yang tinggi namun lemah dalam nilai kuat lentur merupakan sifat dari campuran semen-pasir yang sudah mengeras. Sedangkan serat gelas memiliki nilai kuat lentur yang baik. Kombinasi dari kedua material ini akan menciptakan material komposit yang memiliki perpaduan kedua sifat dari semen-pasir atau beton dan serat gelas, baik itu sifat yang kuat menahan tekan, lentur, lentur maupun geser (Adhika P Anindyajati, 2006).

Pengujian Kekuatan GRC

Uji Kuat Lentur Struktur beton pada bangunan, pada dasarnya harus mampu menahan gaya yang bekerja seperti gaya tekan dan lentur yang didapat dari energy dari luar seperti

tekanan air pada bangunan air, tekanan kendaraan pada jembatan, tekanan angin pada gedung, dan sebagainya. Struktur beton haruslah aman terhadap gaya-gaya tersebut. Maka dari itu, struktur beton harus memenuhi syarat tertentu agar bangunan tidak mengalami kegagalan.

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik dan memenuhi persyaratan, perlu dilakukan pengujian laboratorium pada umur tertentu. Agar beton aman terhadap gaya lentur yang bekerja, maka beton harus memiliki nilai kuat lentur yang memenuhi syarat yang ditentukan. Untuk mengetahui nilai kuat lentur yang dimiliki oleh beton, dilakukan Uji Kuat Lentur di laboratorium dengan acuan-acuan tertentu. Beberapa acuan tersebut antara lain adalah SNI 03-2493-1991 tentang Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium.

Kuat lentur beton sendiri berarti kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah, dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya persatuan luas.

Bahan Penyusun GRC

Semen (C) Semen Portland adalah bahan yang berupa gilingan halus yang terdiri dari batu kapur, silica, besi, dan alumina. Setelah dicampur dengan air, pasta akan terbentuk yang akan mengeras dan mengikat agregat (seperti pasir, kerikil, dan pecahan batu) menjadi gumpalan tahan lama yang disebut beton atau cor (Semen Indonesia, 2013). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolisis yang dibuat dengan menggiling terak portland (clinker), yang sebagian besar terdiri dari kalsium silikat hidrolis ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), bersama dengan bahan tambahan yang terdiri dari satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$). Selain itu, bahan tambahan mineral dapat ditambahkan. Menurut ASTM C 1386-98, semen dengan tipe pozzolan, yang memiliki kandungan terak hanya sekitar 70% dan ditambahkan pozzolan sekitar 25%, adalah yang paling cocok untuk digunakan dalam pembuatan bata ringan. Pozzolan sendiri adalah senyawa alami yang biasanya bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan menghasilkan senyawa penguat (pengerasan hidrolis).

Fly ash (FA)

Fly Ash (abu terbang) terdiri dari Silicon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3). Abu terbang terbuat dari proses pembakaran batu bara, oleh karena itu 55% hingga 85% dari abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash) masing-masing adalah jenis abu yang berbeda dan digunakan. Karena sifat pozzolanik abu terbang, biasanya digunakan dalam bisnis industri. Sebaliknya, abu dasar sangat sedikit digunakan dan biasanya digunakan sebagai pengisi. (Haryanti, 2015).

Pasir limbah sandblasting (SB)

Limbah sandblasting merupakan sisa hasil kegiatan sandblasting di industri. Kegiatan tersebut berupa penghalusan, pembentukan dan pembersihan permukaan yang keras dengan menembakkan partikel halus berkecepatan tinggi ke permukaan. Kegiatan sandblasting mirip dengan pengampelasan namun memberikan hasil yang lebih maksimal.

Super plasticizer (SP)

Superplasticizer merupakan salah satu jenis chemical admixture yang sering ditambahkan pada beton segar. Pada dasarnya penambahan superplasticizer dimaksudkan untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mengurangi slump loss, mencegah timbulnya bleeding dan segregasi, menambah kadar udara (air content) serta memperlambat waktu pengikatan (setting time). Water reducing high range admixtures adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Pengurangan kadar air dalam bahan ini lebih tinggi, bertujuan agar kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit tetapi tingkat kemudahan pengerjaannya lebih tinggi.

Air (W)

Beton membutuhkan air untuk memulai proses kimiawi semen dan membasahi agregat. Untuk campuran beton, biasanya digunakan air yang dapat diminum. Air yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton dan bahkan dapat mengubah sifatnya. Perbedaan air dengan semen—juga dikenal sebagai faktor air semen—adalah yang paling penting, bukan perbandingan jumlah air terhadap berat campuran keseluruhan. Ini karena pasta semen dihasilkan dari reaksi kimia antara air dan semen. Setelah proses hidrasi selesai, air yang berlebihan akan menghasilkan banyak gelembung air. Sebaliknya, air yang terlalu sedikit akan mencegah proses hidrasi selesai sepenuhnya, yang berdampak pada kekuatan beton.

Serat fiberglass (FG)

Fiberglass atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai kaca serat dan serat gelas merupakan kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan diameter sekitar 0,005 sampai dengan 0,01 mm. Serat ini selanjutnya dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi material yang kuat dan tahan korosi. Fiberglass memiliki banyak kegunaan seperti dalam pembuatan perahu, mobil, tangki air, atap, perpipaan, pelapisan (coating), dan lain-lain. Pembuatan fiberglass tidak terlalu sulit. Bahan utamanya terdiri dari tiga bagian, yaitu serat, resin dan katalis. Penelitian ini bermaksud untuk

mengetahui kekuatan, ketangguhan, dan kekerasan material fiberglass berdasarkan variasi pola serat dengan mempertahankan komposisi resin dan katalis. Penambahan serat fiberglass, memberikan kontribusi yang baik dalam pengujian beton segar. Keduanya memiliki workability yang baik daripada beton SCC normal. Akan tetapi dari pengujian beton segar masih dalam batas yang ditentukan. Adanya penambahan serat fiberglass dan gypsum dapat mengakibatkan kuat tekan mengalami penurunan dari kuat tekan beton normal hingga 9,3%. Namun mengalami peningkatan pada penambahan serat bendrat.. Dengan penambahan serat fiberglass dan gypsum sebanyak 0,5% dari beton segar mampu meningkatkan kuat lentur sebesar 2,15% dan 1,94% dari beton normal SCC. Namun penambahan serat Bendrat merupakan hasil yang paling optimal yaitu sebesar 44140 N, mengalami peningkatan sebesar 3,28% dari beton SCC normal serta 1,19% dan 1,40% dari penambahan serat fiberglass.

METODOLOGI

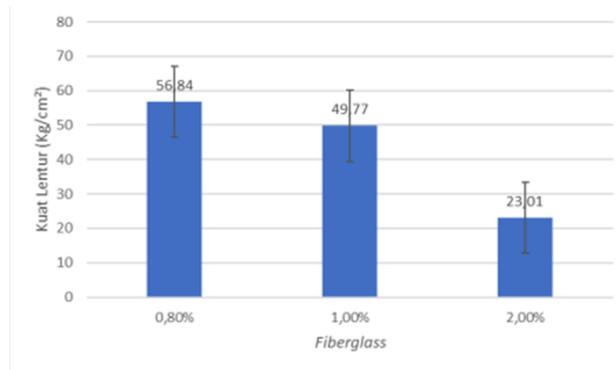
Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen dari PT. Semen Gresik, fly ash dari PLTU Tanjung Awar-Awar, pasir silika limbah blasting dari PT Adiluhung Sarana Sejahtera, dan serat kaca alkali resistant (AR) glass (E-glass) dari toko Surabaya. Selain itu, digunakan juga superpasticizer (SP) Poly carboxylate ether (PCE) sebagai aditif pengatur aliran, dan air dari PDAM.

Komposisi campuran GRC yang digunakan terdiri dari semen, fly ash, pasir silika limbah blasting, serat kaca, dan air. Semua bahan tersebut dicampur dengan perbandingan tertentu sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Prosedur penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: persiapan penelitian, penentuan bahan material, pengujian bahan material, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan GRC, pengujian benda uji, analisis data, dan penarikan kesimpulan. Tahapan tersebut diilustrasikan dalam flowchart berikut ini: mulai, persiapan penelitian, penentuan bahan material, pengujian bahan material, pelaksanaan pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan GRC, pengujian benda uji, hasil, analisis data, kesimpulan.

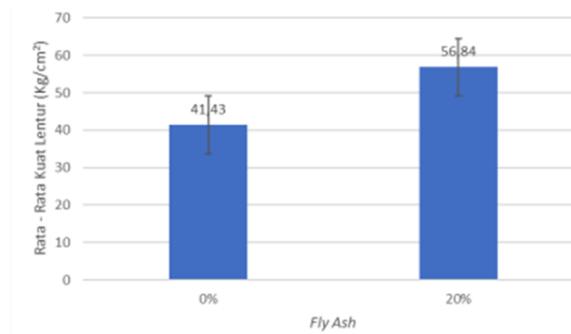
HASIL PEMBAHASAN

Pengaruh Perbedaan Komposisi fiberglass Terhadap Kuat Lentur



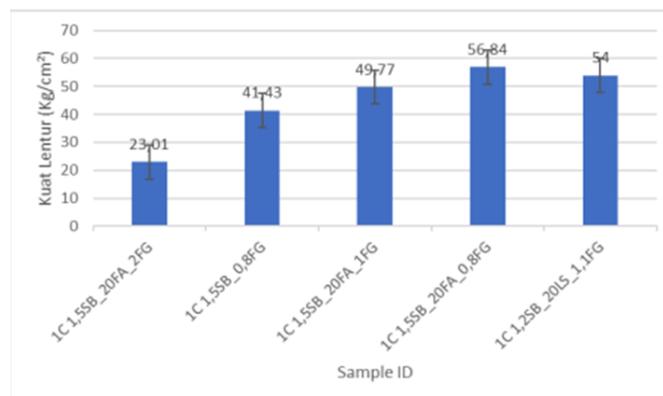
Dari hasil perhitungan pada jenis komposisi dengan menggunakan fly ash dan menggunakan fiberglass. Pada penambahan serat sebesar 2% mendapatkan kuat lentur dengan rata-rata sebesar 23,01 kgf/cm², serta terjadi peningkatan nilai kuat lentur sebesar 49,77 kgf/cm² dengan menggunakan 1% fiberglass. Lalu pada komposisi serat fiber sebesar 0,8% didapatkan kuat lentur sebesar 56,84 Kgf/cm². Hal ini disebabkan oleh penambahan serat fiber yang melebihi batas maksimum yang menyebabkan ruang kosong pada ikatan matriks, sehingga menyebabkan kuat lentur tidak optimum. Penambahan serat dapat mengakibatkan pengurangan lekatan antara butiran agregat dan mengurangi kepadatan beton GRC sehingga kemampuan dalam mendistribusikan gaya kuat lentur berkurang (Apriyatno, 2005). Dalam penelitian sebelumnya juga didapatkan hasil dimana penambahan serat kedalam adukan beton GRC dapat menurunkan workability (Mohammad Syarif Al Huseiny Rosi Nursani, 2020) sehingga penambahan campuran fiberglass kedalam beton GRC dapat menaikkan kuat lenturnya namun jika terlalu banyak campuran serat dapat juga mengurangi kuat lentur beton GRC. Dikarenakan dalam komposisi terdapat perbedaan air maka air menjadi faktor yang berpengaruh terhadap kuat lentur benda uji. Semakin kecil nilai faktor air semen maka akan mengakibatkan nilai kuat lentur yang semakin tinggi. Walaupun demikian nilai faktor air semen mempunyai batasan sepanjang adukan beton masih dapat di kerjakan secara baik (Tanudjaja dan Windah, 2015).

Pengaruh Substitusi Fly Ash Terhadap Kuat Lentur



Terlihat pada Gambar diatas bahwa untuk campuran GRC 1C-1,5SB_0,8FG pada umur 28 hari memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 41,43 kgf/cm² . Untuk jenis campuran GRC 1C-1,5SB_20FA_0,8FG memiliki nilai kuat lentur rata-rata sebesar 56,84 kgf/cm² pada umur 28 hari. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa dengan menggantikan sebagian semen sebesar 20% dengan fly ash dapat meningkatkan nilai kuat lentur GRC. Hal ini dikarenakan oleh senyawa silika dan alumina yang terkandung dalam fly ash dapat mempercepat proses hidrasi yang berdampak pada kekuatan campuran GRC. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawati (2018) bahwa penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti memberikan pengaruh pada GRC, dimana tingkat kekuatan lentur GRC pada penambahan fly ash 20% menjadi lebih tinggi.

Perbandingan Kuat Lentur Seluruh Spesimen



Dari data hasil perhitungan diatas nilai kuat lentur spesimen pertama (1C 1,5SB_20FA_2FG) diperoleh sebesar 23,01 kgf/cm , spesimen kedua (1C, 1,5SB_0,8FG) 2 sebesar 41,43 kgf/cm , spesimen ketiga (1C 1,5SB_20FA_1FG) sebesar 49,77 kgf/ , 2 cm 2 spesimen keempat (1C-1,5SB_20FA_0,8FG) sebesar 56,84 kgf/cm , dan spesimen kelima (2 1C-1,2SB_20LS_1,1FG) sebesar 54 kgf/cm . Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan 2 nilai kuat lentur tertinggi hingga terendah, dimana nilai kuat lentur tertinggi diperoleh spesimen keempat (1C-1,5SB_20FA_0,8FG) yaitu 56,84 kgf/cm karena pada spesimen 2 tersebut terdapat 20% Fly Ash sebagai pengganti semen dan juga memiliki serat gelas paling sedikit

yaitu 0,8%. Sedangkan nilai kuat lentur terendah diperoleh spesimen pertama (1C 1,5SB_20FA_2FG) yaitu 23,01 *gf/cm* karena pada spesimen tersebut memiliki serat 2 gelas paling banyak yaitu 2% dan juga penambahan air yang banyak sehingga pada spesimen pertama perlu melakukan pengujian ulang.

Dari kelima spesimen diatas tidak ada yang memenuhi standar SNI 8299:2017 yaitu memiliki persyaratan fisik kuat lentur rata-rata adalah minimum 100 *kgf/cm* (SNI 2 8299:2017).

KESIMPULAN

Dari praktikum ini dapat di simpulkan bahwa kekuatan dari glass reinforced concrete (GRC) dapat di pengaruhi dari komposisi bahan yang digunakan dalam proses pembuatannya.

SARAN

Sebelum pengujian sebaiknya mempersiapkan mesin maupun benda uji yang akan diuji agar hasil yang didapatkan bisa maksimal dan mendapatkan hasil sesuai dengan apa yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Wahyuni Ardi (2000) UJI KUAT TEKAN, DAYA SERAP AIR, DAN DENSITAS BAHAN BATU BATA DENGAN PENAMBAHAN AGREGAT LIMBAH BOTOL KACA
- WENDY TRIADJI NUGROHO (2015) PENGARUH MODEL SERAT PADA BAHAN FIBERGLASS TERHADAP KEKUTAN, KETANGGUHAN, DAN KEKERASAN MATERIAL
- Hernu Suyoso", Dwi Nurtanto', Wiwik Yunarni Widiarti', Anik Ratnaningsih', Akhmad Hasanuddin' (2020) Kontribusi Kuat Lentur Self Compacting Concrete (SCC) dengan Menggunakan Gypsum, Fiberglass, Bendrat, dan Tulangan Baja sebagai Perkerasan Kaku
- Dan Fianca", Ahmad Fauzan Zakki", Parlindungan Manik' (2015) STUDI EKSPERIMEN MATERIAL GRC (GLASS FIBER REINFORCED CONCRETE) SEBAGAI BAHAN DASAR PADA MODULAR FLOATINGPONTOON
- Dermawan, D., Luqman Ashari, M., Studi Teknik Pengolahan Limbah, P., Teknik Permesinan Kapal, J., Perkapalan Negeri Surabaya, P., & Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, P. (2016). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 01.

Persen, O., Silika SiO, K., Al, A., & Fe, B. (n.d.). Pengaruh Sifat Kimia Semen Terhadap Unjuk Kerja Mortar Tabel 2.1 Susunan oksida semen Portland.

Umam, A. S. (n.d.). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020.

SNI 8299 2017 Papan Semen Rata non Asbestos. (n.d.).

Jeny Alifianti, dkk (2019) PENGGUNAAN SERAT AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN PENGANTI SERAT FIBERGLASS PADA PEMBUATAN CAMPURAN PLAFON GRC (GLASSFIBER REFORCED CEMENT) TERHADAP UJI KUAT LENTUR, UJI KUAT TEKAN, DAN UJI RESAPAN AIR . Universitas Negeri Surabaya

SNI-03-6861.1-2002

Widyanto Wahyu Rony,Pujianto As'at,Faizah Restu.PENGARUH FAKTOR AIR SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN AGREGAT KASAR BATA RINGAN(Variasi Faktor Air Semen 0,4, 0,5 dan 0,6)

Bani,Widodo Slamet,dan Sulandari Eti. STUDI PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA PERKERASAN KAKU YANG MENGGUNAKAN AGREGAT BATU PECAH MANUAL DAN AGREGAT BATU PECAH MESIN

Tanudjaja dan Windah (2015) PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR BETON DENGAN VARIASI KUAT TEKAN BETON.Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.5

Irfan dan Andi (2017) Pengaruh Penambahan Limestone terhadap Kuat Tekan Semen Portland Komposit.Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 11, No. 2

Wahyu,Talitha,Purwanto (2023) PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL DENGAN BETON CAMPURAN FIBERGLASS. Journal of Civil Engineering, Building and Transportation Vol.7, No.2

Rasyid,Alimin (2022) Pengaruh Persentase Serat Plastik Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Beton Ringan. Jurnal Fisika Unand, Vol. 11 No. 1