

ANALISIS KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN CAMPURAN *STYROFOAM* DENGAN LAMINASI *GLASS FIBER REINFORCED POLYMER (GFRP)*

Aaminah^{1*}, Ayu Ananda Austavia², Muhammad Rusli Ahyar³
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang,
syarievaha@gmail.com
ayuanandaustavia@gmail.com

ABSTRAK

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari beton pada umumnya. Penggunaan *styrofoam* sebagai substitusi agregat kasar dalam beton ringan dapat menurunkan kekuatan tekan bersama dengan penambahan persentase *styrofoam*, ini disebabkan oleh sifat *styrofoam* yang dapat dimampatkan. Diperlukan jenis metode penguatan, salah satunya adalah *metode Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar *styrofoam* yang optimal pada campuran beton dan menganalisis pengaruh GFRP terhadap peningkatan nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder. Penelitian ini menggunakan 24 sampel benda uji silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm, terdiri dari 12 benda uji menggunakan *campuran styrofoam* dengan tulangan GFRP dan 12 benda uji menggunakan *campuran styrofoam* tanpa penguat GFRP. Setiap variasi persentase substitusi *styrofoam* yang digunakan adalah 0%, 3%, 5%, 7%. Hasil uji kuat tekan beton normal tanpa tulangan diperoleh dengan nilai kuat tekan rata-rata 20,04 MPa dan beton normal dengan tulangan GFRP meningkat sebesar 25,23 MPa. Sementara itu, peningkatan beton ringan dengan *tulangan styrofoam terbesar* ditemukan pada spesimen uji dengan persentase *styrofoam* 5% dengan tulangan GFRP 14,79 MPa dan beton ringan tanpa tulangan GFRP diperoleh dengan persentase *styrofoam* 3% dengan hasil 14,51 MPa.

Kata kunci : *styrofoam*, *GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer)*, *kuat tekan beton*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada beton pada umumnya. Proses pembuatan beton ringan umumnya menggunakan bahan campuran yang mempunyai berat jenis tergolong rendah, penggunaan bahan campuran ringan akan mengurangi berat total bangunan. Bahan alternatif yang bisa digunakan salah satunya yaitu *styrofoam*, dikarenakan memiliki berat jenis yang rendah berkisar antara 13-16kg/m³. Dengan menggunakan *styrofoam* sebagai komponen campuran konkrit, berat total beton akan lebih ringan dan akan menambah nilai penggunaan *styrofoam*. Oleh itu, ini akan mempengaruhi nilai kekuatan tekan dalam konkrit bersama dengan penambahan campuran komposisi dari *styrofoam*.

Pemanfaatan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) dalam struktur bangunan berfungsi sebagai peningkatan kemampuan serta mengembalikan kekuatan pada struktur beton bertulang. Dalam pengaplikasian konstruksi, sistem FRP ini biasanya diselipkan pada permukaan luar beton, dimana resin berperan sebagai perekat yang mengikat serat dengan beton. Keunggulan FRP sendiri dapat meningkatkan kapasitas struktur pada bangunan yang telah mengalami perubahan fungsi.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian dan pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan menggunakan komposisi *styrofoam* sebagai bahan campuran beton dengan persentase 3%, 5%, dan 7% dari berat agregat kasar, serta menggunakan *sika visocrete*. Setelah dilakukan *curing* selama 28 hari beton akan dilapisi oleh GFRP. Beton tanpa GFRP dan beton normal sebagai pembanding.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton penelitian ini menggunakan $f_c' 20$ MPa, benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Benda Uji Perhitungan Kuat Tekan Beton

| No. | Kode Benda Uji | Persentase Styrofoam (%) | Perkuatan | Σ Lapisan Perkuatan | Jumlah Benda Uji |
|--------|----------------|--------------------------|-----------|----------------------------|------------------|
| 1 | B1 | 0 | - | - | 3 |
| 2 | B2 | 3 | - | - | 3 |
| 3 | B3 | 5 | - | - | 3 |
| 4 | B4 | 7 | - | - | 3 |
| 5 | B5 | 0 | GFRP | 2 | 3 |
| 6 | B6 | 3 | GFRP | 2 | 3 |
| 7 | B7 | 5 | GFRP | 2 | 3 |
| 8 | B8 | 7 | GFRP | 2 | 3 |
| Jumlah | | | | | 24 |

3.1 Slump Test Trial

Pengujian Slump digunakan untuk penurunan ketinggian pada titik tengah permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat. (SNI 03-1972-2008). Data hasil pengujian slump biasanya disajikan dalam tabel, seperti yang dirujuk pada tabel 3.2 untuk menganalisis hasilnya.

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Uji Slump Test.

| Kode | Sampel | Styrofoam (%) | Slump | | Rata-rata (mm) |
|-----------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | | | Tertinggi (mm) | Terendah (mm) | |
| 1 | I | 0 | 145 | 100 | 122,5 |
| 2 | II | 3 | 100 | 60 | 80 |
| 3 | III | 5 | 135 | 125 | 130 |
| 4 | IV | 7 | 125 | 90 | 107,5 |
| Rata-rata | | | | | 110 |

3.2 Job Mix Design

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk menentukan proporsi campuran yang tepat agar memenuhi kekuatan tekan karakteristik yang diinginkan, dalam hal ini beton dengan mutu K-240,9 (f'_c 20). Proses ini melibatkan penghitungan komposisi material seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan air untuk kebutuhan 1 m³ beton.

Tabel 3.3 Perbandingan Campuran Beton 1m³

| No. | Material | Jenis Beton | | | |
|-----|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Beton Normal | Beton Styrofoam 3% | Beton Styrofoam 5% | Beton Styrofoam 7% |
| 1. | Air (L) | 204,9 | 204,9 | 204,9 | 204,9 |
| 2. | Semen (Kg) | 379 | 379 | 379 | 379 |
| 3. | Agregat Kasar (Kg) | 1047 | 1045,4 | 1045,4 | 1045,4 |
| 4. | Agregat Kasar (Kg) | 758 | 758 | 758 | 758 |
| 5. | Styrofoam (Kg) | - | 1,90 | 3,17 | 4,43 |

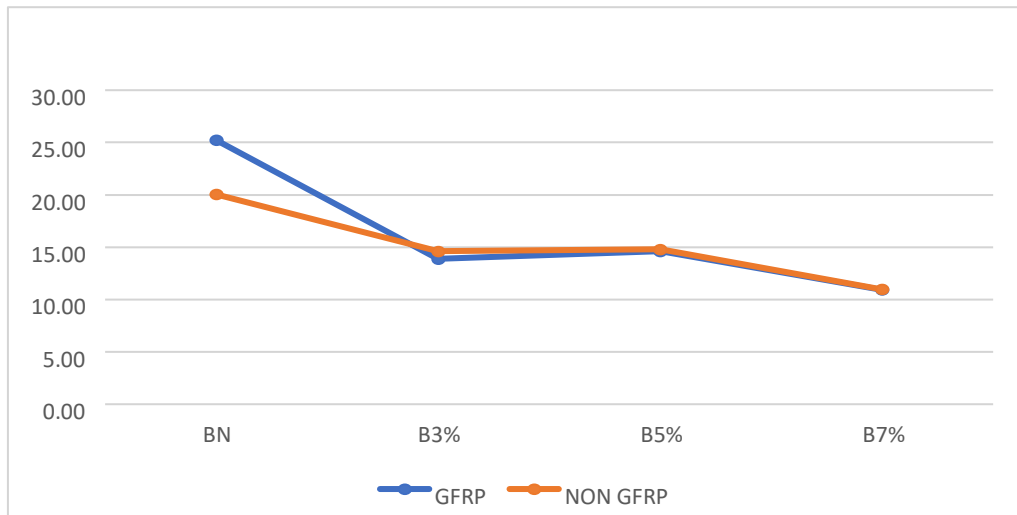
3.3 Hasil Pengujian Beton

Pengujian kuat tekan benda uji pada penelitian ini menggunakan 24 sampel benda uji yang terdiri dari 12 benda uji menggunakan campuran *styrofoam* dengan laminasi GFRP dan 12 benda uji menggunakan campuran *styrofoam* tanpa laminasi GFRP. Proses *curing* atau perawatan beton pada benda uji silinder dilakukan hingga umur beton mencapai 28 hari. Hal ini dikarenakan pada umur 28 hari, kekuatan beton akan meningkat secara cepat dan setelah itu kenaikannya akan kecil. Berikut merupakan data yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan:

Tabel 3.4 Data Kuat Tekan Beton Benda Uji

| No | Kode | Styrofoam (%) | Perkuatan | Umur (Hari) | Massa (Kg) | f'_c (MPa) | Rata-Rata f'_c (MPa) |
|----|------|---------------|-----------|-------------|------------|--------------|------------------------|
| 1 | B1 | 0 | - | 28 | 12,98 | 15,93 | 20,04 |
| | | | | | 12,65 | 21,93 | |
| | | | | | 12,81 | 22,26 | |
| 2 | B2 | 3 | - | 28 | 11,60 | 13,01 | 14,61 |
| | | | | | 11,63 | 15,06 | |
| | | | | | 11,82 | 15,76 | |
| 3 | B3 | 5 | - | 28 | 11,16 | 11,08 | 12,62 |
| | | | | | 11,20 | 12,80 | |
| | | | | | 11,42 | 13,97 | |
| 4 | B4 | 7 | - | 28 | 10,97 | 10,68 | 10,96 |
| | | | | | 10,52 | 10,81 | |
| | | | | | 10,77 | 11,40 | |
| 5 | B5 | 0 | GFRP | 28 | 12,81 | 23,93 | 25,23 |
| | | | | | 12,68 | 25,57 | |
| | | | | | 13,00 | 26,19 | |
| 6 | B6 | 3 | GFRP | 28 | 10,06 | 12,85 | 13,89 |
| | | | | | 11,05 | 14,31 | |
| | | | | | 10,97 | 14,50 | |
| 7 | B7 | 5 | GFRP | 28 | 10,67 | 13,24 | 14,79 |
| | | | | | 10,69 | 15,12 | |
| | | | | | | | |

| No | Kode | Styrofoam (%) | Perkuatan | Umur (Hari) | Massa (Kg) | f'c (MPa) | Rata-Rata f'c (MPa) |
|----|------|---------------|-----------|-------------|------------|-----------|---------------------|
| | | | | | 10,86 | 16,00 | |
| | | | | | 10,43 | 9,13 | |
| 8 | B8 | 7 | GFRP | 28 | 10,70 | 11,50 | 10,64 |
| | | | | | 10,61 | 12,15 | |



Gambar 3.1 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Berdasarkan analisa uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa mutu beton normal dengan menggunakan GFRP lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal tanpa perkuatan GFRP, sedangkan beton ringan dengan menggunakan campuran *styrofoam* akan mengalami penurunan mutu beton yang lebih rendah dari mutu beton yang direncanakan pada setiap penambahan presentase *styrofoam* dalam campuran beton. Dilihat dari grafik hasil uji kuat tekan beton, menunjukkan bahwa beton normal yang diperkuat dengan GFRP mengalami peningkatan, sebaliknya pada beton dengan campuran *styrofoam* tidak terjadi kenaikan kuat tekan. Hal ini mengindikasikan bahwa GFRP lebih efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton normal sedangkan beton *styrofoam* tidak terpengaruh kekuatan oleh GFRP. Dikarenakan beton ringan dengan campuran *styrofoam* tidak terjadi kenaikan dan *styrofoam* tidak terpengaruh oleh GFRP sehingga dalam pembahasan penelitian beton ringan *styrofoam* dengan perkuatan GFRP tersebut tidak diikuti sertakan dalam analisis lebih lanjut.

3.4 Presentase Kuat Tekan Beton

Dengan adanya data kuat tekan yang terdapat pada tabel 4.8, kita dapat menganalisis efisiensi perkuatan beton. Berikut adalah analisis peningkatan kuat tekan beton tanpa GFRP dengan GFRP dengan metode perkuatan *full jacketing*:

Peningkatan kuat tekan beton normal tanpa GFRP dan dengan GFRP *full jacketing*

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Peningkatan} &= \frac{B.U \text{ GFRP } \textit{jacketing} - B.U \text{ normal}}{B.U \text{ normal}} \times 100\% \\
 &= \frac{25,23 - 20,04}{20,04} \times 100\% \\
 &= 26 \%
 \end{aligned}$$

3.5 Analisis Perhitungan Kuat Tekan Silinder GFRP

Pada penelitian ini digunakan GFRP dengan tipe E-Glass, adapun spesifikasi dari E-Glass seperti yang ditunjukkan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Spesifikasi GFRP

| No. | Parameter | Nilai | Satuan |
|-----|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Lebar | 1200 | mm |
| 2 | Tebal | 0,17 | mm |
| 3 | Modulus Elastisitas (E_f) | 70.000 – 85.000 | N/mm ² |
| 4 | Elongasi (ϵ_{fu}') | 2,5 | % |

3.5.1 Analisa Perhitungan Beton Normal

Contoh perhitungan Antara beton normal dengan GFRP dan beton normal tanpa GFRP Dimana nilai untuk beton normal tanpa GFRP ialah 20,04 MPa

- Tegangan runtuh tulangan FRP $\epsilon_{fu} = CE \times \epsilon_{fu}^* \epsilon_{fu} = 0,75 \times 0,025 \epsilon_{fu} = 0,0188$
- Regangan efektif kekang fiber $\epsilon_{fe} = 0,58 \times 0,01875 \epsilon_{fe} = 0,0109$

- Tekanan Pengekang

$$f_1 = \frac{2 E_f n t_f \epsilon_{fe}}{D}$$

$$f_1 = \frac{2 \times 70000 \times 2 \times 0,17 \times 0,0109}{150}$$

$$f_1 = 3,459 \text{ MPa}$$

- Kekuatan tekan beton terkekang maksimum

$$f'_{cc} = f'_c + \Psi_f 3,3 k_a f_1$$

$$f'_{cc} = 20,04 + 0,95 \times 3,3 \times 1 \times 3,459$$

$$f'_{cc} = 30,85 \text{ MPa}$$

Tabel 3.6 Perbandingan Eksperimen dan Teoritis Beton Normal

| Beton Normal GFRP | Kuat Tekan (MPa) |
|-------------------|------------------|
| Eksperimen | 25,23 |
| Teoritis | 30,85 |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi Universitas Islam Sultan Agung Semarang, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *styrofoam* sebagai substitusi parsial agregat kasar pada beton ringan mengakibatkan adanya penurunan nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal. Hal tersebut dikarenakan *styrofoam* memiliki sifat *compressible* sedangkan agregat seharusnya memiliki sifat *incompressible*.

2. Kadar optimal styrofoam dalam campuran beton berada pada beton ringan 3%. Beton ringan 3% mengalami penurunan dari massa dan kuat tekan cukup sedikit atau rendah, yaitu pada beton normal dan ringan 3% memiliki massa dan nilai kuat tekan secara berurutan yaitu 12,81 Kg; 11,68 Kg dan 20,04 MPa; 14,61MPa.
3. Pada kuat tekan beton normal dengan GFRP mengalami kenaikan pada kuat tekan. Namun, pada beton ringan penambahan GFRP belum tentu dapat menambah nilai kuat tekan. Bisa dilihat pada beton ringan 3% dan 7% mengalami penurunan sedangkan pada beton ringan 5% mengalami kenaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustin, D., Wiswamitra, K. A., & Nurtanto, D. (2022). Sifat Mekanik Beton Ringan Menggunakan Geopolymer Dengan Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Kasar. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 124–135.
- [2] Anugraha, R. B., & Mustaza, S. (2010). Beton ringan dari campuran Styrofoam dan serbuk gergaji dengan semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m³. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 8(2), 57–66.
- [3] Badan Standarisasi Nasional (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Sni 03-2834-2000*.
- [4] Badan Standarisasi Nasional (2021). Panduan Perancangan dan Pelaksanaan Sistem Lembaran Serat Berpolimer Terlekat Eksternal Untuk Perkuatan Struktur Beton. *Sni 8971-2021*.
- [5] Enda, D. (2016). Kajian eksperimental perkuatan agregat kasar styrofoam dengan lapisan coating pada pembuatan beton ringan. *Inovtek Polbeng*, 6(2), 103–111.
- [6] Irham, A., Roestaman, R., & Walujodjati, E. (2021). Pengaruh Sistem Perkuatan dengan Glass Fiber Reinforced Polymer Terhadap Kekuatan Beton. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 520–527.
- [7] Layang, S. (n.d.). *FIBER REINFORCED POLYMER AS A Reinforcing MATERIAL FOR CONCRETE STRUCTURES FIBER REINFORCED POLYMER SEBAGAI MATERIAL PERKUATAN STRUKTUR BETON*.
- [8] Mansyur, M., Yusmartini, E. S., & Kharismadewi, D. (2021). Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Kualitas Beton K-255. *Jurnal Distilasi*, 6(2), 1–6.
- [9] Nurlina, S., Suseno, H., Hidayat, M. T., & Pratama, I. M. Y. (2016). Perbandingan daktilitas balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP dan GFRP. *Rekayasa Sipil*, 10(1), 62–69.
- [10] Putera, B. H., Mulyanto, Y. Y., & Setiyadi, B. (2024). Pengaruh Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Terhadap Kuat Lentur Beton. *G-SMART*, 8(1), 6–16.
- [11] Sapeai, M. P., & Tjondro, J. A. (n.d.). Pengaruh Kekangan Carbon Fiber Reinforced Polymer pada Beton Self Compacting Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang terhadap Perilaku Beton. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 26(2), 194–203.
- [12] Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).
- [13] Tarihoran, E., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2020). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6).