

Tinjauan Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Bahan Substitusi Serat Roving dan Cangkang Tiram

Bunyamin^{1*}, Heru Pramanda², Munirul Hady³, Febrina Dian Kurniasari⁴, Muhammad Anshar⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh

*Koresponden email: bunyamin@unida-aceh.ac.id

Diterima: 26 April 2024

Disetujui: 5 Mei 2024

Abstract

Additives such as fibres have been widely used to increase the tensile strength of concrete. Previous research has shown that the tensile strength of concrete may also be increased by replacing 10% of the cement with waste materials, such as oyster shell ash. In this research, waste material in the form of oyster shells was combined with roving fibre (gypsum fibre). The objective in this research is to ensure the split tensile strength of concrete using 10% oyster shell waste combined with 5%, 10% and 15% gypsum fibre in cement. The oyster shell waste was sourced from Krueng Neng, Aceh Besar. Gypsum fibre was sourced from a building materials shop in Banda Aceh City. This research used the method of ACI 211.1-91 or American Concrete Institute and ASTM or American Society for Testing and Materials, with cylindrical test specimens (15 cm x 30 cm). The test results showed that the normal splitting tensile strength of concrete was 2.95 MPa. Meanwhile, the splitting tensile strengths of concrete with gypsum fibre and oyster shell ash substitution were 3.10 MPa, 3.49 MPa and 3.51 MPa. The combination of oyster shell ash and gypsum fibre in concrete can significantly increase the splitting tensile strength of concrete.

Keywords: *concrete, oyster shells, splitting tensile strength, waste, gypsum fiber*

Abstrak

Bahan tambah seperti serat telah banyak digunakan dalam hal perkuatan gaya tarik pada beton. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa kuat tarik beton juga dapat ditingkatkan dengan cara mensubstitusikan bahan limbah ke dalam semen sebesar 10%, seperti abu cangkang tiram. Pada penelitian ini, bahan limbah berupa cangkang tiram dikombinasikan dengan serat roving (serat gypsum), yang bertujuan untuk memaksimalkan besaran gaya tarik yang dapat ditahan oleh beton. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengoptimalkan limbah terbuang berupa substitusi 10% cangkang tiram dan serat roving sebanyak 5%, 10%, dan 15% yang ditambahkan ke dalam bahan pengikat semen dalam menghasilkan kekuatan tarik beton. Cangkang tiram diperoleh dari Krueng Neng, Kabupaten Aceh Besar. Sedangkan serat roving diperoleh dari toko bangunan sekitar Kota Banda Aceh. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental di laboratorium dengan berpedoman kepada aturan ACI 211.1 tahun 1991 atau *American Concrete Institute* dan ASTM tahun 2004 atau *American Society for Testing and Material*, dengan sampel berupa silinder memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kuat tarik belah beton normal sebesar 2,95 MPa. Selanjutnya kuat tarik belah beton dengan kombinasi serat roving (gypsum) dan abu cangkang tiram adalah 3,10 MPa, 3,49 MPa, dan 3,51 MPa. Kombinasi abu cangkang tiram dan serat roving di dalam beton mampu menaikkan kuat tarik beton secara signifikan.

Kata Kunci: *beton, cangkang tiram, kuat tarik, limbah, serat roving*

1. Pendahuluan

Bahan utama beton yang paling penting adalah semen, yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat ketika bercampur dengan air [1]. Terdapat 2 (dua) unsur utama pembentuk semen sangat penting, yaitu silika dan kalsium oksida. Silika berfungsi sebagai penambah kekuatan, sedangkan kalsium oksida berfungsi untuk mempertahankan kekuatan ikatan antar agregat [2]. Pada umumnya, kandungan kalsium oksida banyak dijumpai pada limbah perikanan, yaitu pada limbah cangkang tiram [3].

Tiram (*Crassostrea cucullata*) adalah hewan yang hidup dengan cara melekatkan diri pada bebatuan, akar dan ranting mangrove di lingkungan laut dan air payau [4]. Tiram hidup dengan mengeluarkan lendir yang menyebabkan rusaknya struktur batang dan akar dari mangrove yang ditemelinya [5]. Tiram dikelompokkan ke dalam hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Tiram juga dikelompokkan ke dalam kelas Bivalvia. Jika dilihat dari susunan morfologi, tiram mempunyai sepasang cangkang, di mana

bentuknya tidak sama. Fungsi dari cangkang pada tiram adalah untuk melindungi matel dan organ pada bagian dalam lainnya [4].

Pada saat modern ini, tumpukan limbah cangkang tiram dibuang dan tidak dimanfaatkan sehingga menjadi sampah dan mengganggu lingkungan di sekitar [6]. Namun, pemanfaatan limbah cangkang tiram sebagai bahan baku pembuatan plesteran sudah pernah diaplikasikan oleh Negara Jepang, karena cangkang tiram merupakan sumber kalsium [7].

Limbah cangkang tiram telah banyak dilakukan penelitian oleh para peneliti, dalam hal kandungan unsur kimianya yang mirip dengan semen [8]. Para peneliti menyebutkan bahwa kalsinasi cangkang tiram pada suhu 800°C, mampu menghasilkan kandungan CaO yang tinggi, yang dapat digunakan sebagai substitusi semen dalam beton [9]. Para peneliti menyebutkan bahwa kalsinasi tersebut mampu mengubah komponen CaCO₃ menjadi CaO sebesar 56,77 % [10]. Beberapa hasil penelitian juga menyebutkan dengan adanya substitusi semen sebanyak 10% yang disertai FAS atau Faktor Air Semen dengan nilai 0,50, mampu menaikkan kekuatan (tekan dan tarik) beton [11], [12]. Beberapa peneliti lainnya menyebutkan bahwa kuat tarik beton meningkat pada beton variasi substitusi abu cangkang tiram sebanyak 16,1 % s.d 19,9 % dari mutu atau kuat tekan beton normal. Jika pada beton yang tanpa menggunakan bahan limbah, didapatkan bahwa nilai kuat tarik belah beton sebanyak 10 % s.d 14 % dari kuat tekan beton normal [13]. Hasil pengujian XRF (X-ray fluorescence) pada abu cangkang tiram menunjukkan kandungan CaO yang tinggi sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Pengujian XRF pada abu cangkang tiram

| No. | Unsur Oksida | Kandungan (%) |
|-----|--------------------------------|---------------|
| 1. | SiO ₂ | 1,60 |
| 2. | AL ₂ O ₃ | 0,92 |
| 3. | CaO (dominan) | 51,56 |
| 4. | MgO | 1,43 |
| 5. | Na ₂ O | 0,08 |
| 6. | K ₂ O | 0,06 |
| 7. | H ₂ O | 0,31 |
| 8. | LOI | 41,84 |

Sumber: Ayyapan (2018) [9]

Beton berserat (baik serat alami maupun serat sintetis) telah banyak digunakan dan dikembangkan pada masa sekarang, guna memperbaiki retakan beton dan juga untuk meningkatkan kuat tarik beton [14]. Pada umumnya, serat digunakan dengan ukuran berdiameter 5 µm - 500 µm, panjang 25 mm - 30 mm [15]. Serat berfungsi dalam hal membatasi penjalaran retak awal yang terjadi serta untuk menambah kemampuan beton dalam menerima gaya tarik [16]. Kekuatan beton meningkat dengan adanya penambahan serat dalam beton [17]. Peneliti menyebutkan bahwa besaran serat yang disarankan: 2% dari berat volume beton [18].

Pada umumnya, serat merupakan bahan alam maupun bahan buatan yang merupakan benda asing bagi beton. Sehingga penambahan serat tersebut ke dalam beton, dapan memberikan keuntungan maupun kerugian bagi beton sendiri [19]. Adapun beberapa keuntungan maupun kerugian dalam penambahan serat ke dalam beton, yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan serat alami dalam beton, tentunya biayanya murah, namun penyerapan air tinggi, yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk pada beton. Para peneliti menghindari penggunaan serat alami ini pada beton mutu tinggi. Contoh serat alami yang biasa digunakan oleh para peneliti, yaitu: serat nanas, sabut kelapa, serat pisang, dan lain-lain.
2. Penggunaan serat buatan dalam beton, tentunya biayanya mahal, namun memiliki keuntungan dalam hal durabilitas, yaitu mampu berdeformasi terhadap perubahan suhu tinggi dan memiliki daktilitas yang tinggi.

Penggunaan serat buatan atau disebut juga dengan sintetis telah banyak digunakan oleh para peneliti dalam hal meningkatkan kuat tarik belah beton. Pemanfaatan serat roving (serat gypsum) dalam beton masih sangat sedikit. Serat roving merupakan material yang bahannya dibuat dari plastik, dan bentuknya memanjang, serta memiliki sifat elastis, sehingga roving dikelompokkan ke dalam serat plastik [20]. Penelitian lampau menunjukkan bahwa serat roving diteliti di Laboratorium dan menghasilkan berat jenis sebesar 1.364 gram/cm³ [20].

Bahan serat roving sangat mudah didapatkan dan harganya juga terjangkau untuk dibeli. Serat ini biasanya digunakan pada pabrik pembuatan gypsum dan memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap serangan

kimia [21], [22]. Serat roving diaplikasikan untuk pembuatan gypsum, sebagai pelapis sisi pada pengecatan, baik diaplikasikan pada tembok, pada genting, maupun bumper kendaraan, dan lain-lain [23].

Kombinasi limbah perikanan berupa cangkang tiram dengan bahan gypsum berupa serat roving sudah pernah dilakukan oleh peneliti yaitu terhadap uji tekan. Penelitian lampau menunjukkan kenaikan mutu beton signifikan [24]. Namun, pemanfaatan kombinasi bahan tersebut terhadap kuat tarik belah beton belum pernah dilakukan. Sehingga, penelitian ini sangat urgensi dilakukan, yaitu untuk melihat bagaimana pengaruh kombinasi bahan tersebut jika diaplikasikan pada beton dalam hal menerima gaya tarik.

Permasalahan dalam penelitian ialah kecilnya besaran gaya tarik yang dapat ditahan oleh beton. Jadi, dengan adanya kombinasi serat roving dan cangkang tiram ke dalam semen, maka akan dapat mengatasi permasalahan tersebut dan akan mampu menambah rasio kuat tarik belah beton di atas 9 s.d 15%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimalkan besaran gaya tarik yang mampu ditahan oleh beton substitusi abu cangkang tiram dan serat roving. Selanjutnya, juga untuk memperoleh berat volume dan kuat tarik beton, serta untuk mendapatkan persentase optimum kekuatan tarik beton dari variasi kombinasi serat roving dan abu cangkang tiram. Penelitian ini bermanfaat untuk menambah ilmu pengetahuan dalam hal perkembangan teknologi beton yang menggunakan bahan limbah perikanan.

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini mengacu kepada FAS 0,50. Material yang digunakan yaitu semen, bahan substitusi abu cangkang tiram ke dalam semen sebanyak 10%, agregat halus (pasir halus dan pasir kasar), agregat kasar, dan air, serta penambahan serat roving sebanyak 5%, 10%, dan 15% dari berat total semen. Pada penelitian ini, cangkang tiram diperoleh dari Krueng Neng, Kabupaten Aceh Besar. Selanjutnya serat gypsum atau roving diperoleh dari toko bangunan sekitar Kota Banda Aceh.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada awal tahun 2024 secara eksperimental yang beralamat di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Kota Banda Aceh, yaitu Laboratorium Bahan Bangunan dan Transportasi. Penelitian menggunakan metode ASTM atau *American Society for Testing of Materials* dan ACI atau *American Concrete Institute* [25]. Adapun tahapan yang dilakukan peneliti sebagai berikut:

2.1. Pengadaan dan Pengolahan Limbah Cangkang Tiram

Cangkang tiram terbuang diperoleh dari Krueng Neng, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia. Cangkang tiram tersebut didapatkan dari hasil tangkapan nelayan di sekitar atau penggir Krueng Neng tersebut. Nelayan hanya mengambil isi dari cangkang saja, sedangkan cangkangnya dibuang dan dibiarkan bertumpuk di pinggir pesisir. Limbah yang bertumpukan dikumpulkan dan dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan pengolahan.

Limbah cangkang tiram yang ada di dalam Laboratorium dilakukan pengolahan dengan cara dimasukkan limbah tersebut ke dalam ember yang berisi air bersih selama 1 hari [26]. Selanjutnya, cangkang tiram disikat dan dicuci, direndam selama 1 jam, kemudian dilihat kembali jika air rendaman sudah bersih, maka cangkang tiram dimasukkan ke dalam oven dengan durasi 24 jam (suhu 105⁰C). Setelah cangkang kering, selanjutnya dikalsinasi atau dilakukan pembakaran dengan suhu 500⁰ C dengan menggunakan drum pembakaran [12]. Setelah suhu pembakaran tercapai, maka pembakaran dibiarkan selama 1 jam dan kemudian dihentikan. Selanjutnya, dihaluskan lagi dengan cara ditumbuk-tumbuk dengan leusung dan disaring lagi melalui saringan ayakan No. 200 [27]–[30]. Cangkang tiram yang telah menjadi serbuk berfungsi sebagai pengisi dan dapat menggantikan sebahagian berat semen dalam beton [31]. Pengolahan limbah cangkang tiram dan hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 1**.



(a) Pembakaran



(b) Pendinginan



(c) Hasil ayakan saringan No 200

Gambar 1 : Pengolahan cangkang tiram yang terbuang
 Sumber : Penulis (2024)

2.2. Pengadaan dan Pengolahan Serat Roving

Serat roving atau disebut juga dengan serat gypsum, yang biasanya digunakan untuk sambungan pada profil plafond gypsum. Serat tersebut merupakan serat buatan, sehingga dapat langsung digunakan tanpa perlu dilakukan pengolahan.

Serat roving yang telah diperoleh dari toko, dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan pemotongan dengan cara dibentang di atas meja dan diukur dengan penggaris sepanjang 3 cm dan kemudian dipotong dengan hati-hati. Hal ini bertujuan untuk menjaga panjang serat yang konstan yaitu 3 cm. Hasil pemotongan serat sepanjang 3 cm dapat dilihat pada **Gambar 2**.



(a) Gulungan serat roving (b) Serat roving yang sudah dipotong

Gambar 2 : Serat roving yang telah dipotong dengan ukuran 3 cm

Sumber : Penulis (2024)

2.3. Pengujian Sifat Fisis Agregat

Pengujian sifat-sifat fisis agregat meliputi pengujian sifat fisis pada pasir halus, dan pasir kasar, serta agregat kasar atau kerikil, yang dilakukan sesuai dengan aturan ASTM tahun 2004. Pada penelitian ini, pasir halus berdiameter 4,75 mm, dan pasir kasar berdiameter 9,52 mm, serta kerikil berdiameter 25,00 mm. Agregat halus (pasir halus dan pasir kasar) maupun kerikil diperoleh dari lokasi yang sama, yaitu di Kabupaten Aceh Besar, yang berlokasi di Kota Jantho. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai-nilai yang didapatkan sudah memenuhi kriteria sebagai pencampur dalam beton atau tidak. Pengujian terdiri dari pengujian berat volume atau *bulk density* (ASTM C 29/C 29M – 97) [32], pengujian absorbsi atau *absorption* (ASTM C 127 – 01) [33], pengujian berat jenis atau *specific gravity* dan pengujian susunan butiran atau *sieve analysis* (ASTM C136 – 01) [34].

Berdasarkan nilai-nilai dari hasil pengujian, maka dapat ditentukan apakah material tersebut dapat digunakan atau tidak, yaitu dengan berpedoman pada batasan nilai-nilai yang telah ditetapkan dalam aturan ASTM [35]. Jika nilai yang diperoleh berbeda daripada yang ditentukan dalam ASTM, maka material tersebut disarankan untuk tidak digunakan.

2.4. Pelaksanaan Rancangan Campuran Beton

Pada penelitian ini, rancangan campuran beton dilaksanakan dengan mengikuti standar ASTM [36]–[39] dan standar ACI 211.1-91 [40]. Besaran nilai slump ditentukan dengan rentang 75 mm – 100 mm, dipilih berdasarkan ketentuan yang ada dalam tabel ACI. Penelitian ini menggunakan semen jenis PPC (Portland Pozzoland Cement). FAS ditentukan dengan nilai 0,50 dan diameter agregat maksimum adalah 25,00 mm. Berdasarkan Tabel ACI, maka dapat dihitung jumlah air yang dibutuhkan dalam satuan kg/m^3 . Nilai kehalusan agregat halus atau yang disebut dengan *Fineness Modulus* (FM) dengan rentang 2,4 - 3,0 [41]. Pada penelitian ini, perbandingan berat dalam satuan 1 m^3 digunakan.

Penelitian ini menggunakan pasir halus berukuran 4,75 mm, pasir kasar berukuran 9,52 mm, dan kerikil berukuran 25,00 mm, serta air bersih (tidak mengandung lumpur) yang diperoleh dari Laboratorium. Besaran abu cangkang tiram yang disubstitusikan dalam penelitian ini ialah sebanyak 10% dari jumlah total semen. Sedangkan serat roving yang ditambahkan sebanyak 5%, 10%, dan 15% dari jumlah total semen. Hasil pelaksanaan rancangan campuran atau komposisi material pembentuk beton (FAS 0,50) ditunjukkan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pelaksanaan rancangan komposisi material pembentuk beton

| No | Material | Jumlah keseluruhan (Kg/m ³) |
|--------------|-------------|-----------------------------------------|
| 1. | Air | 193,00 |
| 2. | Semen | 386,00 |
| 3. | Kerikil | 1198,16 |
| 4. | Pasir Kasar | 273,79 |
| 5. | Pasir halus | 329,06 |
| Total | | 2380,00 |

Sumber: Penulis (2024)

2.5. Persiapan dan Produksi Benda Uji

Material yang perlu dipersiapkan adalah agregat halus meliputi pasir halus dan pasir kasar, agregat kasar (kerikil). Semen merupakan material yang telah tersedia secara pabrikasi, sehingga berat jenisnya sudah terukur. Air yang secara visual sudah memenuhi sebagaimana disyaratkan dalam SNI (Standar Nasional Indonesia), tidak perlu dilakukan pemeriksaan di Laboratorium. Agregat halus dan agregat kasar dipersiapkan dalam kondisi *Saturated Surface Dry* atau SSD, yang diperoleh melalui pengujian sifat fisis agregat.

Produksi benda uji dimulai dari tahap penimbangan material, yaitu dimulai dari semen, abu cangkang tiram, agregat halus, agregat kasar, dan air, serta serat roving. Penimbangan tersebut dilakukan sesuai dengan hasil rancangan campuran beton sebagaimana disyaratkan dalam aturan ACI. Pada penelitian ini, masing-masing variasi menggunakan 5 (lima) benda uji. Semua material tersebut dimasukkan satu persatu ke dalam alat pengaduk beton (molen) hingga merata dan menyatu. Khusus untuk serat roving, dimasukkan secara pelan-pelan ke dalam molen seiring tercapainya campuran beton yang homogen. Jadi, serat roving tidak dimasukkan serentak ke dalam molen, dengan tujuan untuk mencegah terjadinya penumpukan serat pada beton. Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan nilai slump dengan menggunakan kerucut abrams. Hasil pengukuran nilai slump tersebut dibandingkan dengan nilai slump yang direncanakan sebagaimana yang disyaratkan dalam aturan ACI.

Nilai slump rencana adalah 75 mm s.d 100 mm. Adapun benda uji yang diteliti berupa silinder beton berukuran diameter 150 mm, dengan tinggi 300 mm, dengan masing-masing variasi berjumlah 5 (lima) benda uji. Jadi, total keseluruhan benda uji berjumlah 20 (dua puluh). Setiap benda uji yang sudah selesai diproduksi, maka benda uji tersebut diberikan perawatan dengan merendamkannya di dalam bak perendaman selama 28 (dua puluh delapan) hari [14]. Setiap benda uji, diberikan keterangan pada bagian alas silinder berupa tanggal dan nama benda uji. Hal ini bertujuan untuk memudahkan ketika pengujian dilaksanakan. Pemberian nama benda uji yang diteliti dapat dilihat dengan jelas dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Desain benda uji

| Nama Beton | Besaran Serat Roving (%) | Besaran Abu Cangkang Tiram (%) | Kombinasi Serat Roving (Gypsum) dan Abu Cangkang Tiram dalam Semen | | | Nama Benda Uji | Total Benda Uji |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|
| | | | Jumlah Semen (%) | Jumlah Serat Roving (%) | Jumlah Abu Cangkang Tiram (%) | | |
| BK | 0,00 % | 0,00 % | 100,00 | 0,00 | 0,00 | BK | 5 |
| BCTSR-1 | 5,00 % | 10,00 % | 90,00 | 5,00 | 10,00 | BCTSR | 5 |
| BCTSR-1 | 10,00 % | 10,00 % | 90,00 | 10,00 | 10,00 | BCTSR | 5 |
| BCTSR-1 | 15,00 % | 10,00 % | 90,00 | 15,00 | 10,00 | BCTSR | 5 |
| TOTAL | | | | | | | 20 |

Sumber: Penulis (2024)

Keterangan :

- BK = Beton Konvensional
- BCTSR-1 = Beton campuran abu cangkang tiram sebanyak 10% dan serat roving sebanyak 5%
- BCTSR-2 = Beton campuran abu cangkang tiram sebanyak 10% dan serat roving sebanyak 10%
- BCTSR-3 = Beton campuran abu cangkang tiram sebanyak 10% dan serat roving sebanyak 15%

2.6. Pengujian Berat Volume dan Kuat Tarik

Pengujian beton meliputi pengujian berat volume dan kuat tarik beton [42]–[44]. Pengujian berat volume dilaksanakan sewaktu benda uji berusia 28 hari. Di mana, benda uji yang diteliti ditimbang beratnya dan diukur dimensinya serta dihitung volumenya. Berat volume didapatkan dengan cara membandingkan hasil pengukuran berat dan volumenya [45].

Pengujian kuat tarik beton dilaksanakan sama seperti pengujian berat volume, yaitu sewaktu benda uji berusia 28 hari. Pengukuran berat volume dilaksanakan dengan tidak merusak benda uji. Sedangkan untuk pengujian kuat tarik beton, pengujiannya dilaksanakan dengan cara dimasukkan ke dalam mesin *Compressive Loading Machine 200 tf*. Benda uji diletakkan tegak lurus dengan pembebanan, dengan alasnya adalah tinggi benda uji. Pembebanan benda uji dilakukan secara bertahap, dengan kenaikan beban yang konstan hingga menghasilkan beban maksimum sampai benda uji terbelah [46].

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menjelaskan hasil penelitian yang diperoleh yaitu: nilai slump yang didapatkan dari pengujian slump, nilai berat volume dari pengujian berat volume, dan nilai kuat tarik beton dari pengujian kuat tarik beton. Nilai-nilai tersebut disajikan dalam tabel, gambar, dan grafik. Penyajian tersebut dianalisa dan diberikan komentar serta dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

3.1. Hasil Pengujian Sifat Fisis Agregat

Pengujian ini merupakan pengujian yang sangat penting dalam menghasilkan kekuatan beton. Kualitas agregat dapat dilihat dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat sebagaimana disyaratkan pada aturan ASTM. Pengujian sifat fisis agregat yang dilakukan adalah sifat fisis agregat halus (pasir halus dan apsir kasar) dan sifat fisis agregat kasar (kerikil). Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis agregat di Laboratorium, maka nilai-nilai sifat fisis diperlihatkan dalam **Tabel 4** di bawah ini.

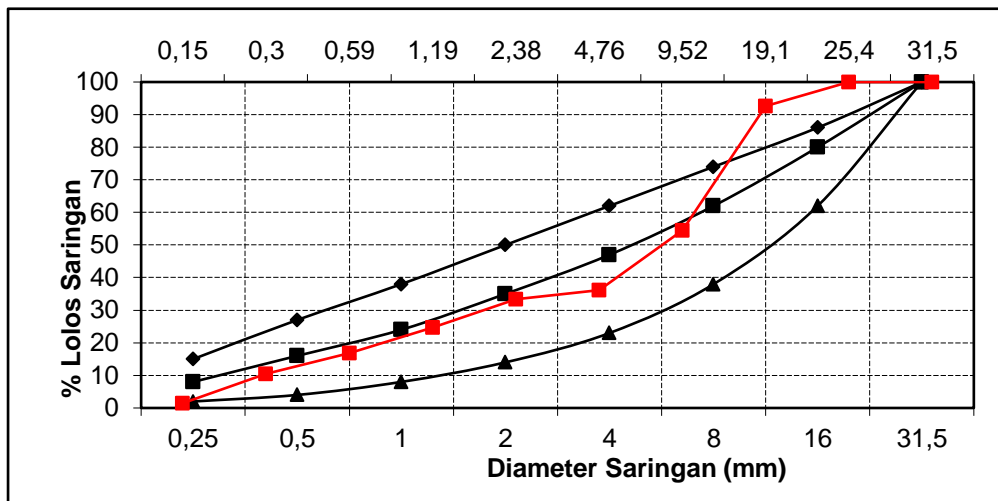
Tabel 4. Uraian hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat di Laboratorium

| No. | Agregat | Berat Volume (Kg/l) | Berat Jenis dalam kondisi SSD | Penyerapan Agregat (%) | Kehalusan Butir Agregat (FM) |
|-----|-------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| 1. | Pasir halus | 1,697 | 2,755 | 1,613 | 2,34 |
| 2. | Pasir kasar | 1,848 | 2,744 | 1,632 | 2,92 |
| 3. | Kerikil | 1,736 | 2,834 | 1,929 | 6,83 |

Sumber: Penulis (2024)

Tabel 4 memperlihatkan urian hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, meliputi: pengujian berat volume, pengujian berat jenis, penyerapan air, dan kehalusan butir agregat. Nilai berat volume agregat yang didapatkan > 1,4 kg/l (sudah sesuai dengan aturan yang berlaku). Nilai berat jenis agregat halus (pasir halus dan apsir kasar) yang didapatkan sesuai dengan yang disyaratkan pada aturan ASTM yaitu berada pada nilai 2,0 – 2,7. Sedangkan berat jenis agregat kasar yang didapatkan melampaui batas yang telah ditentukan. Nilai penyerapan air atau absorpsi berada di bawah 2% (sudah sesuai dengan yang diatur pada aturan ASTM). Selanjutnya, nilai FM agregat halus juga sudah sesuai dengan aturan yang ditetapkan dalam ASTM, yaitu pada angka 2,3 – 3,1. Nilai FM untuk agregat kasar juga sesuai dengan ketentuan dalam ASTM, yaitu pada angka 5,5 – 8,0.

Jadi, material yang telah diuji sifat fisis agregatnya memenuhi kriteria sebagai pencampur beton dan dapat digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan nilai kehalusan butir agregat, maka diplot grafik susunan butir pada agregat campuran sebagaimana diperlihatkan dalam **Gambar 3**. Di mana, Gambar tersebut menjelaskan bahwa grafik yang berwarna merah merupakan hasil susunan butir pada agregat campuran yang diteliti dan terletak pada lokasi baik sekali dan baik.



Gambar 3 : Grafik susunan butir pada agregat campuran
Sumber : Penulis (2024)

3.2. Hasil Pemeriksaan Slump

Pemeriksaan slump dilaksanakan pada saat campuran beton dalam molen sudah homogen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams dengan membandingkan hasil pengukuran slump di Laboratorium dengan nilai slump yang direncanakan. Hasil pemeriksaan slump diperlihatkan dalam bentuk **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan slump

| No. | Nama Beton | Besaran Slump (mm) | Penambahan atau Pengurangan Air maupun Semen |
|-----|------------|--------------------|----------------------------------------------|
| 1. | BK | 86,00 | pengurangan 2 % |
| 2. | BCTSR -1 | 80,00 | penambahan 35 % |
| 3. | BCTSR -2 | 75,00 | penambahan 55 % |
| 4. | BCTSR -3 | 76,00 | penambahan 90 % |

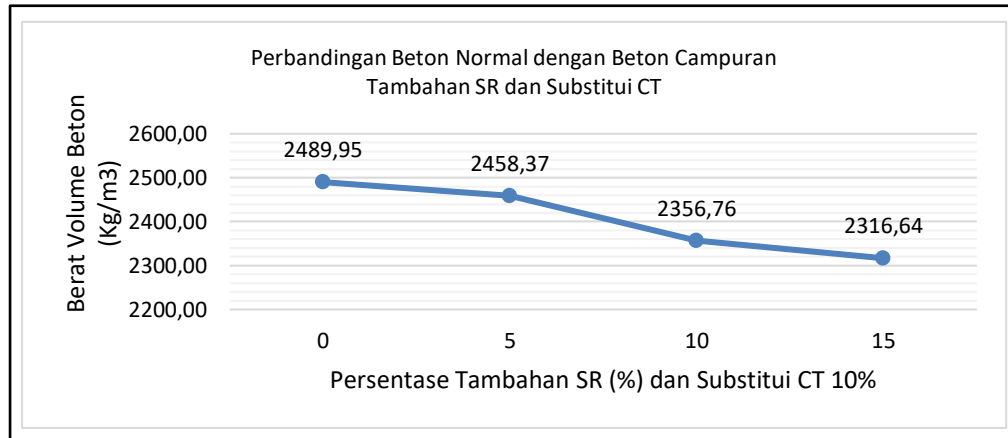
Sumber: Penulis (2024)

Tabel 5 menunjukkan besaran slump yang diteliti di Laboratorium. Dari Tabel tersebut, dapat dilihat dengan jelas bahwa penambahan serat roving ke dalam beton dapat memberikan efek yang luar biasa terhadap jumlah air yang diperlukan untuk membentuk campuran beton yang homogen. Semakin banyak penambahan serat roving di dalam beton, maka jumlah air yang dibutuhkan meningkat. Kebutuhan air tersebut ditambahkan dengan tujuan untuk memperoleh nilai slump (75 – 100) mm, sebagaimana yang telah direncanakan.

Jumlah air yang ditambahkan sangat banyak dan bahkan terjadinya penambahan air sebesar 90% dari jumlah air yang direncanakan. Hal ini bermakna serat roving merupakan serat buatan yang dapat bereaksi dengan air sangat cepat dan ketika dibiarkan dalam waktu yang lama, maka jumlah air yang dapat diserap semakin berkurang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi pengadukan beton yang homogen untuk jenis BK dilakukan selama 8 menit, untuk jenis BCTSR -1 dilakukan selama 17 menit, BCTSR -2 dilakukan selama 25 menit, dan BCTSR -3 dilakukan selama 35 (tiga puluh lima) menit.

3.3. Hasil Pengujian atau Pemeriksaan Berat Volume Beton

Pengujian berat volume didapatkan dengan membandingkan nilai berat (*unit weight*) benda uji dengan volume (*volume*) benda uji di Laboratorium. Pengujian berat volume beton yang telah dilaksanakan, diperlihatkan dengan jelas pada **Gambar 4** berikut.



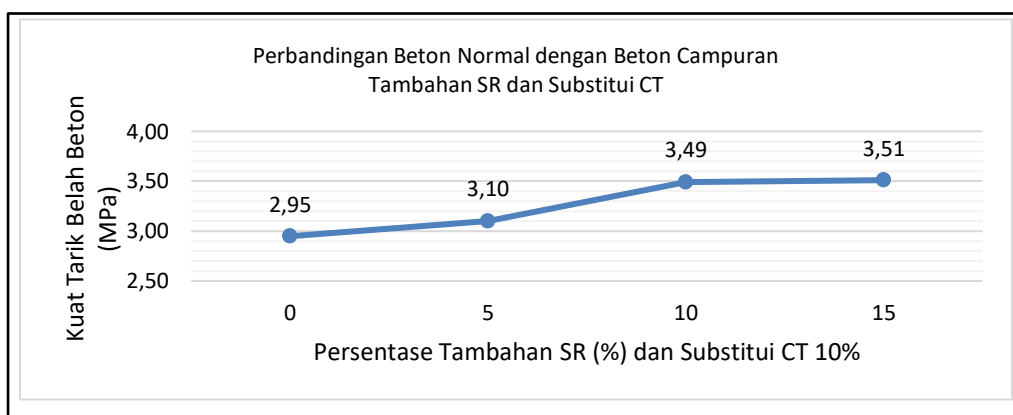
Gambar 4 : Grafik berat volume beton
 Sumber : Penulis (2024)

Gambar 4, menunjukkan berat volume beton yang diperoleh pada saat benda uji berumur 28 hari, di mana didapatkan berat beton konvensional sebesar 2489,95 Kg/m³. Untuk berat volume beton dengan menggunakan limbah terbuang yaitu cangkang tiram sebanyak 10% dan serat gypsum atau roving sebanyak 5%, 10%, dan 15% berturut-turut didapatkan nilai sebesar 2458,37 Kg/m³, 2356,76 Kg/m³, dan 2316,64 Kg/m³.

Hasil pengujian berat volume yang ditunjukkan pada Gambar 4 memberikan makna bahwa berat volume beton menurun secara signifikan seiring dengan pertambahan serat roving ke dalam beton. Namun demikian, nilai berat volume beton yang didapatkan masih sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan dalam ACI, yaitu berat volume beton konvensional berada antara 2200 Kg/m³ s.d 2400 Kg/m³. Jadi, berat volume beton masih dikategorikan ke dalam beton normal, bukan ke dalam beton ringan.

3.4. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian pada penelitian ini menghasilkan beban maksimum dan dibandingkan dengan luas permukaan silinder yang terkena pembebanan menjadi terbelah 2 (dua) bagian. Adapun hasil pengujian diperlihatkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5 : Grafik peningkatan kuat tarik belah beton
 Sumber : Penulis (2024)

Gambar 5 menerangkan bahwa kuat tarik belah beton konvensional didapatkan 2,95 MPa. Selanjutnya, kuat tarik belah beton yang berbahan limbah cangkang tiram sebagai substitusi semen sebanyak 10% dan tambahan serat roving sebanyak 5%, 10%, 15% berturut-turut didapatkan nilai sebesar 3,10 MPa, 3,49 MPa, dan 3,51 MPa.

Gambar 5 juga menerangkan bahwa kuat tarik belah beton meningkat secara signifikan, seiring dengan banyaknya jumlah serat roving yang dimasukkan ke dalam beton. Pada Grafik, terlihat dengan jelas bahwa nilai kuat tarik beton untuk penambahan serat roving sebanyak 15% mulai menunjukkan nilai kuat tarik beton yang hampir sama dengan penambahan serat roving sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat roving 15% merupakan nilai kuat tarik beton yang maksimum.

Nilai kuat tarik beton yang didapatkan meningkat secara signifikan. Hal ini bermakna, selain peran serat roving dalam meningkatkan kuat tarik beton, abu cangkang tiram yang disubstitusikan 10% ke dalam semen, mampu mendistribusikan kandungan CaO di dalamnya dengan baik terhadap agregat yang diikatnya bersama dengan semen. Hasil pengujian diperlihatkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6 : Kehancuran benda uji akibat pengujian kuat tarik beton
Sumber : Penulis (2024)

4. Kesimpulan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penambahan serat roving ke dalam beton sebesar 15%, dapat menyebabkan workability menurun, sehingga untuk memenuhi kriteria slump, maka dilakukan penambahan jumlah air dan semen. Namun, hal tersebut dapat menyebabkan kuat tarik beton meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh penyebaran serat roving secara merata (tidak menggumpal) dan kandungan CaO dalam abu cangkang tiram juga dapat berperan secara optimal yaitu mampu melakukan pengikatan dengan sempurna antar agregat.

5. Saran

Perlu diperhatikan mengenai penggunaan jumlah air, ketika ditambahkan serat roving di dalam beton. Hal ini dikarenakan ketika serat roving dicampurkan ke dalam beton, terjadinya kehilangan air yang sangat banyak. Sehingga, perlu disediakan tabel koreksi perencanaan campuran beton, supaya hasil yang didapatkan tercatat dengan baik.

6. Daftar Pustaka

- [1] J. J. Biernacki *et al.*, "Cements in the 21st century: challenges, perspectives, and opportunities," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 100, no. 7, pp. 2746–2773, 2017.
- [2] B. A. Tayeh, M. W. Hasaniyah, A. M. Zeyad, and M. O. Yusuf, "Properties of concrete containing recycled seashells as cement partial replacement: A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 237, p. 117723, 2019.
- [3] J. Kong *et al.*, "Recycling of waste oyster shell and recycled aggregate in the porous ecological concrete used for artificial reefs," *Constr. Build. Mater.*, vol. 323, p. 126447, 2022.
- [4] S. A. Salamanu, "Identifikasi jenis tiram dan keanekaragamannya di daerah intertidal Desa Haria Kecamatan Saparua Kabupaten Maluku Tengah," *Biosel Biol. Sci. Educ.*, vol. 6, no. 2, pp. 171–175, 2017.
- [5] D. Arfiati, H. F. Kharismayanti, and others, *Crassostrea: Tiram Bakau dan Tiram Batu*. Universitas Brawijaya Press, 2018.
- [6] J. W. Nika, A. Anisah, and R. Saleh, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau Dengan Variasi Suhu Pembakaran Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton," *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 1, 2019.
- [7] H. Onoda and H. Nakanishi, "Preparation of calcium phosphate with oyster shells," *Nat. Resour.*, vol. 3, no. 2, p. 71, 2012.
- [8] S.-H. Eo and S.-T. Yi, "Effect of oyster shell as an aggregate replacement on the characteristics of concrete," *Mag. Concr. Res.*, vol. 67, no. 15, pp. 833–842, 2015.
- [9] K. Ayyappan, "Study on Structural Behavior of Oyster Shell Powder in Concrete," *Journal Eng. Appl. Sci.*, 2018.
- [10] L. Handayani and F. Syahputra, "Isolasi Dan Karakterisasi Nanokalsium Dari Cangkang Tiram (*Crassostrea gigas*)," *JPHPI*, vol. 20, no. 3, pp. 515–523, 2017.

- [11] B. Bunyamin and A. Mukhlis, "Utilization of Oyster Shells as a Substitute Part of Cement and Fine Aggregate in the Compressive Strength of Concrete," *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 3, 2020.
- [12] B. Bunyamin, N. Hendrifia, and M. Ridha, "Pengaruh Substitusi Cangkang Tiram Sebagai Pengganti Sebahagian Semen Dan Pasir Halus Terhadap Kuat Tarik Belah Beton," *TERAS J.*, vol. 11, no. 2, pp. 272–281, 2021.
- [13] C.-J. Chang, T.-P. Chang, C.-T. Chen, and Y.-W. Liu, "Mix Proportion and Engineering Behavior of San-Ho-Tu Building Material for Temples and Ancestral Clan Houses," in *Structural Analysis of Historical Constructions*, Springer, 2019, pp. 1585–1593.
- [14] Y. Z. Xianglin Gu Xianyu Jin, "Basic Principles of Concrete Structures," *Springer*, 2015.
- [15] A. Prasytia, "Efek Karakteristik Penambahan Abu Sekam Padi Dan Serat Ijuk Dengan Variasi Dari Berat Binder, Terhadap Kekuatan Beton Self-Compacting Concrete Dengan FAS Yang Berbeda," UMSU, 2021.
- [16] M. S. Shetty and A. K. Jain, *Concrete Technology (Theory and Practice)*, 8e. S. Chand Publishing, 2019.
- [17] H. Song, J. Liu, K. He, and W. Ahmad, "A comprehensive overview of jute fiber reinforced cementitious composites," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 15, p. e00724, 2021.
- [18] T. Iskandar, D. Kartika, and others, "Pengaruh Penambahan Serat Kulit Bambu Dari Limbah Bekas Stagger Bekesting Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Genteng Beton," *INFOMANPRO*, vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [19] G. O. Glória *et al.*, "Tensile strength of polyester composites reinforced with PALF," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 401–405, 2017.
- [20] H. Suroso and D. S. Kusuma, "Pengaruh Penambahan Serat Roving Pada Mortar (Tinjauan Terhadap Keleccakan, Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Kuat Rekat)," *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 15, no. 1, pp. 33–44, 2013.
- [21] A. Vimmrová, M. Keppert, L. Svoboda, and R. Černý, "Lightweight gypsum composites: Design strategies for multi-functionality," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 33, no. 1, pp. 84–89, 2011.
- [22] M. Li, Z. Wu, and M. Chen, "Preparation and properties of gypsum-based heat storage and preservation material," *Energy Build.*, vol. 43, no. 9, pp. 2314–2319, 2011.
- [23] R. Jia, Q. Wang, and P. Feng, "A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field," *Compos. Part B Eng.*, vol. 205, p. 108540, 2021.
- [24] B. Bunyamin, M. Hady, N. Hendrifia, and A. Syakir, "Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Substitusi Serat Roving dan Cangkang Tiram," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, 2023.
- [25] B. Bunyamin, "Pengaruh Sambungan Beton Pracetak Hollow Block terhadap Pola Retak yang Timbul," *J. Serambi Eng.*, vol. 5, no. 2, 2020.
- [26] B. Bunyamin, F. D. Kurniasari, R. P. Munirwan, and R. Putra Jaya, "Effect of Coral Aggregates of Blended Cement Concrete Subjected to Different Water Immersion Condition," *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2022, 2022.
- [27] B. Bunyamin, R. P. Munirwan, M. Ridha, and N. Hendrifia, "Utilization of wood processing dust as a substitute for a part of cement in concrete," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1087, no. 1, p. 12004.
- [28] B. Bunyamin, M. Hady, R. P. Munirwan, R. Putra Jaya, and others, "Cymbopogon nardus Leaf Ash as an Alternative Material for Enhancing Concrete Strength," *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2024, 2024.
- [29] H. Pramanda, N. Hendrifia, and others, "Limbah Cangkang Telur Sebagai Inovasi Material Pengganti Agregat Halus Beton," *J. Manaj. Teknol. dan Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 17–30, 2023.
- [30] N. Permatasari, B. Bunyamin, M. Hady, D. A. Hafiz, N. Lathifah, and M. H. Auliyah, "Utilization of Rice Field Conch Shells as a partial substitution of Cement and Fine Aggregate for Split Tensile Strength of Concrete," in *E3S Web of Conferences*, 2024, vol. 476, p. 1018.
- [31] Z. Abidin, B. Bunyamin, and F. D. Kurniasari, "Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [32] C. ASTM, "29/C 29M-97," *Stand. Test Method Bulk Density ("Unit Weight. Voids Aggreg.*, 2010.
- [33] A. International, "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate (ASTM C127-15)." Pensilvania West Conshohocken, 2015.
- [34] A. Arman and others, "Kajian kuat tekan beton normal menggunakan standar SNI 7656-2012 dan ASTM C 136-06," *Rang Tek. J.*, vol. 1, no. 2, p. 271221, 2018.
- [35] Bunyamin, "Comparison of deflection of hollow block concrete blocks with normal reinforced concrete beam," in *AIP Conference Proceedings*, 2019, vol. 2059, no. 1, p. 20039.

- [36] A. ASTM, "C127-15," *Stand. Test Method Relat. Density (Specific Gravity) Absorpt. Coarse Aggreg.*, 2015.
- [37] C. Astm, "Standard test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate," *ASTM Curr. Ed. Approv. Jan*, vol. 1, 2015.
- [38] A. Standard, "C31/C31M, 2010," Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010, DOI: 10.1520/C0031_C0031M."
- [39] A. S. for Testing and P. Materials (Filadelfia, "ASTM C136/C136M-19: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates," 2019.
- [40] A. C. I. Standard, "Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete," *ACI Man. Concr. Pract.*, pp. 1–38, 1996.
- [41] ACI, "ACI Manual of Concrete Practice 2005, Part I, Report: ACI 104-71 (97) to ACI 223-98, Selecting Proportions For Mass Concrete (ACI 211.1-91)," *Am. Concr. Institute, Detroit, Michigan.*, 2005.
- [42] I. Idroes, F. Harli, and others, "Pengaruh Penggunaan Substitusi Pozolan Dan Penambahan Serat Karet Ban Bekas Kendaraan Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Normal," *J. Plan. Res. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 77–84, 2022.
- [43] B. Bunyamin, I. Idroes, and R. W. Fauzha, "Pengaruh Serat Ban Bekas dan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Tarik Beton," *J. Tek. Sipil dan Teknol. Konstr.*, vol. 9, no. 1, 2023.
- [44] M. Muhajir, I. Idroes, and B. Bunyamin, "Kontribusi Serat Limbah Ban Bekas Kendaraan Terhadap Kuat Tarik Belah Beton," *J. Tek. Sipil dan Teknol. Konstr.*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [45] ASTM C39/C39M-20, "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens," 2012.
- [46] A. Standard, "C496/C496M-17 Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens," *ASTM Int. West Conshohocken PA*, 2017.