

Pengaruh Serat Ban Bekas dan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Tarik Beton

Bunyamin^{*1}, Imransyah Idroes², Reska Wahyu Fauzha³

^{*1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda; Jl. Kampus Unida-Surien, Kota Banda Aceh, telp. (0651) 42225 – 42098 – 42219
e-mail: ^{*1}bunyamin@unida-aceh.ac.id, ²idroesimransyah@gmail.com,
³burungelang161@gmail.com

Abstrak

Di era modern saat ini, perkembangan teknologi sangat dibutuhkan untuk meningkatkan pembangunan di segala bidang. Pembuatan beton dapat menggunakan bahan substitusi sebagian semen melalui pemanfaatan hasil samping industri seperti sisa pembakaran batu bara (abu terbang) dan limbah serat ban bekas. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang teknologi beton pada era modern terutama dalam hal pengelolaan material yang berasal dari limbah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ACI 211.1-91 (American Concrete Institute) dan ASTM (American Society for Testing and Materials) dengan variasi penambahan serat ban bekas sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan penambahan abu terbang sebanyak 5% dari berat semen pada setiap variasi. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder beton dengan dimensi 15 cm x 30 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 20 buah. Mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini sebesar 17,00 MPa. Pengujian kuat tarik beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Hasil dari penelitian ini adalah beton dengan variasi 0% menghasilkan kuat tarik sebesar 2,32 MPa; sedangkan kuat tarik dengan variasi 5%, 10% dan 15% adalah 2,71 MPa, 2,50 MPa dan 2,41 MPa. Kuat tarik belah beton yang menggunakan limbah serat ban bekas dan abu terbang meningkat dibandingkan dengan beton normal.

Kata kunci— Kuat tarik belah beton, abu terbang, serat ban bekas, variasi.

Abstract

In today's modern era, technological developments are needed to increase development in all fields. The manufacture of concrete can use partial cement substitution materials through the use of industrial by-products such as fly ash and fiber waste from used tires. The benefit of this research is to develop knowledge about concrete technology. The method used in this research is the ACI 211.1-91 (American Concrete Institute) and ASTM (American Society for Testing and Materials) methods with variations in the addition of used tire fiber by 0%, 5%, 10%, 15%, and 5% addition of fly ash from the weight of cement in each variation. The test object used is a cylinder with dimensions of 15 cm x 30 cm with a total of 20 test objects, the planned concrete quality is 17.00 MPa. The tensile strength of concrete test was carried out at the age of 28 days. The results of this study are that concrete with a variation of 0% produces a tensile strength of 2.32 MPa; while the tensile strength with variations of 5%, 10% and 15% were 2.71 MPa, 2.50 MPa and 2.41 MPa. The tensile strength of concrete using tire fiber waste and fly ash increases compared to normal concrete.

Keywords— Tensile strength of concrete, fly ash, used tire fiber, variation.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang maju sudah semakin tinggi, contohnya seperti jembatan yang lebar dan panjang, jalan layang (*fly over*), bendungan yang besar, bangunan gedung bertingkat tinggi dan infrastruktur lainnya [1]. Kebutuhan akan fasilitas infrastruktur yang semakin maju mengakibatkan berkembangnya berbagai inovasi beton, salah satunya penggunaan beton mutu ultra tinggi yang dapat mereduksi dimensi dari struktur berbagai elemen konstruksi [2].

Berdasarkan PD T-04-2004-C [3] beton mutu tinggi adalah beton dengan kekuatan tekan yang disyaratkan yaitu sebesar 40 MPa – 80 MPa. Beton dengan kuat tekan sebesar 80 MPa – 120 MPa dikategorikan sebagai beton mutu sangat tinggi [4]. Untuk beton yang memiliki kuat tekan lebih besar dari 120 MPa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi [5]. Beton mutu ultra tinggi atau *Ultra High Performance Concrete (UHPC)* adalah material campuran modern dengan karakteristik mekanis yang sangat ekstrim [6]. Pengaplikasian partikel nano pada beton menjadi kemungkinan untuk meningkatkan mutu dari beton [7].

Dalam pembuatan beton, terjadi peningkatan jumlah pemakaian semen yang mengakibatkan jumlah emisi gas CO₂ ke atmosfer juga meningkat [8]. Penggantian sebagian atau secara total semen dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan dalam proses pembuatan beton menjadi pilihan alternatif [9]. Oleh sebab itu, digunakan alternatif penggantian material berupa limbah pabrik yang ekonomis dan juga ramah lingkungan seperti, sejak dikeluarkannya kebijakan energi nasional, batu bara telah menunjukkan peranannya yang strategis sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak dan gas bumi [10]. Pada penggunaan batu bara sebagai energi alternatif, mempunyai hasil buangan yang dapat berupa abu sebagai hasil sisa pembakaran, yang terdiri dari abu dasar dan abu terbang [11].

Penelitian terdahulu yaitu penelitian abu dasar (*bottom ash*) batu bara mengandung senyawa-senyawa A₁₂O₃, CaO, MgO, MnO₂, SiO₂, Fe₂O₃ dengan menggunakan saringan nomor 4, 8, 20, 60, 200 mesh [12]. Dari nilai komposisi abu dasar tersebut dapat diteliti kemungkinan pemanfaatannya sebagai bahan konstruksi, mengingat yang selama ini digunakan untuk bahan konstruksi adalah abu terbang (*fly ash*) batu bara, sebagai bahan jenis semen campuran yaitu semen abu campuran yaitu semen abu terbang [13]. Limbah yang tidak dipakai berpotensi pengganti semen dapat diolah menjadi filler dengan melalui saringan ayakan nomor 200 [14]–[17]. Permasalahan yang dibahas disini adalah apakah abu dasar batu bara dapat dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi dalam campuran pembuatan beton.

Limbah ban bekas merupakan salah satu penyumbang limbah terbanyak. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan kendaraan yang semakin meningkat pesat setiap tahunnya, dengan banyaknya kendaraan bermotor tentu akan menghasilkan limbah ban yang menumpuk yang merupakan bahan anorganik (tidak dapat di uraikan kembali) serta bersifat tahan lama (*persistent*) yang tidak akan pernah membusuk [18]. Apabila limbah ban bekas tersebut dibakar akan menghasilkan gas yang sangat berbahaya yaitu Dioksin dan polusi udara sehingga dapat membahayakan manusia serta merusak lingkungan sekitar. oleh sebab itu peneliti mencoba memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan tambah pada campuran beton. Hal ini dikarenakan dari segi karakteristik limbah ban bekas kendaraan memiliki sifat tahan terhadap air, kesetabilan yang cukup, ketahanan yang tinggi, dan memiliki tingkat fleksibilitas dan daya lentur yang cukup baik, serta sifatnya yang dapat menyerap getaran [19].

Dalam penelitian ini mutu beton yang direncanakan yaitu 17 MPa [20] dengan adanya penambahan serat ban bekas kendaraan dan abu sisa pembakaran batu bara pada campuran beton sehingga diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Kombinasi Serat limbah ban bekas kendaraan yang digunakan pada penelitian ini diambil dari PT. Kharindo Prakarsa, Kec. Gedangan, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dan sisa abu pembakaran batu bara yang

digunakan pada penelitian ini diambil dari PT. Lafarge Cement Andalas (LCI) Indonesia Kec.Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar, Aceh. Standar pemberian bahan tambah beton sudah diatur dalam SNI 2847-2019 [21] tentang spesifikasi bahan tambah pada beton atau mortar. Serat limbah ban bekas kendaraan yang digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton dengan persentase campuran yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%, dari berat semen serta sisa abu pembakaran batu bara yang digunakan sebagai filler dengan persentase 5% dari berat semen.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan penjabaran secara rinci dan sistematis tentang tahapan dalam penelitian. Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literature, dilanjutkan dengan penyiapan peralatan dan material, pemeriksaan material, perencanaan proposi campuran beton normal, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian benda uji dan analisa data.

2.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu [22]:

1. Semen Portland (PC), semen portland yang digunakan adalah semen Portland yang ada di pasaran.
2. Agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat yang digunakan merupakan agregat hasil desintegrasi alami dari batu-batuan, yang diperoleh dari sungai Krueng Aceh di Kecamatan Jantho, Kabupaten Aceh Besar.
3. Agregat halus (*fine aggregate*), terdiri atas pasir halus (*fine sand*) dan pasir kasar (*coarse sand*) yang diperoleh dari sungai Krueng Aceh di Kecamatan Jantho, Kabupaten Aceh Besar.
4. Air, air yang digunakan untuk campuran beton adalah air PDAM [23] yang tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan dan Transportasi Program Studi Teknik Sipil Universitas Iskandarmuda, Banda Aceh.
5. Serat limbah ban bekas kendaraan dalam penelitian ini berasal dari PT. Kharindo Prakarsa, Kec. Gedangan, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, yang diolah perusahaan tersebut dengan cara dihancurkan sehingga menjadi serat dan butiran kemudian limbah ban bekas kendaraan yang diambil dari perusahaan tersebut diayak untuk memisahkan serbuk yang tidak dipakai dengan serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton.

2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Bahan Bangunan dan Transportasi Prodi Teknik Sipil Universitas Iskandarmuda. Peralatan yang digunakan pada penelitian antara lain yaitu saringan 1 (satu) set standar ASTM, wadah atau panci, mesin pembebanan tekan (*compressive loading machine*) dengan merek *Ton Industrie* yang berkapasitas 100 ton, oven pengering material, cetakan silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm, timbangan dengan kapasitas 15 kg dengan Ketelitian 0,1 gram, timbangan dengan kapasitas 5.000 gram dengan ketelitian 0,01 gram. Pengaduk beton (*molen*) berkapasitas 90 liter, Tongkat besi untuk pemadatan agregat berdiameter 1,6 cm dan panjang 60 cm, peralatan untuk memeriksa adukan beton, dan peralatan penunjang lainnya (mistar, gelas ukur, termometer, *container*, gayung, ember anti pecah, alat uji *Slump*, palu karet, keranjang kawat, ember besi yang berisi air, dan lain-lain).

2.3 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Material beton sebelum digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis material yang meliputi pemeriksaan berat volume, berat jenis dan absorpsi agregat, susunan butiran dan kandungan bahan organik lainnya [24].

2.3.1 Pemeriksaan Berat Volume

Pemeriksaan berat volume agregat dilakukan menurut metode British Standard 812. Pemeriksaan dilakukan pada keadaan agregat kering oven. Berat volume agregat diukur dengan timbangan kapasitas 50 kg dengan ketelitian 1 gram, dan container yang mempunyai volume 1,552 liter. Agregat diisi ke dalam container dalam tiga lapisan dengan volume tiap lapisan lebih kurang sama banyaknya. Tiap lapisan dipadatkan dengan tongkat besi diameter 16 mm, panjang 600 mm dengan tumbukan sebanyak 25 kali tumbukan [25]. Setelah penumbukan, permukaan agregat diratakan sehingga sejajar dengan permukaan container lalu ditimbang

2.3.2 Pengukuran berat jenis dan absorpsi agregat

Berat Jenis Agregat adalah perbandingan sejumlah volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air pada volume yang sama. Untuk agregat halus, keadaan kering permukaan dapat diketahui dengan cara memasukkan agregat halus yang telah diangin-anginkan ke dalam konus pasir dengan tiga lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat besi berdiameter 10 mm dan panjang 150 mm pada setiap lapisan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah permukaan diratakan lalu konis pasir diangkat secara vertikal keatas. Keadaan kering permukaan ditunjukkan dengan runtuhnya sebahagian agregat.

Pasir dalam keadaan kering permukaan dimasukan kedalam gelas *Thaulow's* dan ditimbang beratnya. Kandungan udara benda uji dihilangkan dengan mengisi penuh gelas dengan air bersih, ditutup rapat dengan menggunakan plat kaca, lalu gelas tersebut dibolak-balikkan beberapa kali agar semua udara yang ada di dalam pasir dapat keluar. Pekerjaan ini terus dikerjakan sehingga tidak ada gelembung udara di dalam gelas. Kemudian gelas, pasir, air dan penutupnya ditimbang beratnya. Selanjutnya menimbang masing-masing berat gelas, air dan penutupnya.

2.3.3 Pemeriksaan susunan butiran

Pemeriksaan susunan butiran agregat (*sieve analysis*) dilakukan terhadap kerikil, pasir kasar, dan pasir halus. Agregat diambil secara acak dengan jumlah masing-masing untuk kerikil 2.000 gram untuk pasir kasar 1.000 gram dan untuk pasir halus 500 gram. Pemeriksaan susunan butir dilakukan pada keadaan kering oven. Saringan yang digunakan adalah buatan pabrik Maruto Jepang, dengan saringan analog sesuai ASTM [26]. Diameter agregat maksimum yang digunakan pada penelitian ini adalah 31,5 mm. Sampel agregat yang ada dimasukkan ke dalam saringan secara terpisah yaitu kerikil, pasir kasar dan pasir halus. Saringan kemudian digoyang-goyangkan, agregat yang tertinggal di atas saringan ditimbang beratnya melalui timbangan.

2.4 Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton diperlukan untuk menentukan masing-masing material pembentuk sebuah beton. Perencanaan ini sudah berdasarkan sesuai dengan metode *American Concrete Institute (ACI) Standard 211.1-9* [27]. Pada perencanaan pembentukan beton ini digunakan cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm x 30 cm sebanyak 20 buah benda uji dengan mutu beton 17,00 MPa. Peran serat ban bekas dalam penelitian ini yaitu digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton dengan persentase 0%, 0,5%, 1,0%, dan 1,5% dari berat semen, dengan (FAS) 0,50 untuk umur 28 hari. Agregat yang digunakan agregat halus (pasir halus ukuran 4,75 mm dan pasir kasar ukuran 9,52 mm) dan agregat kasar (kerikil ukuran 25,00 mm) [28].

2.5 Tahapan Pelaksanaan dan Perawatan Beton

Pada tahapan ini pelaksanaan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Material dan alat-alat yang akan digunakan untuk benda uji harus disiapkan terlebih dahulu.

2. Pemeriksaan terhadap material dilakukan di laboratorium, agar mutu beton yang akan direncanakan agar kekuatan beton mencapai kekuatan yang maksimal sesuai perhitungan.
3. Merencanakan campuran beton (*mix design*). Menimbang material dan bahan-bahan sesuai dengan hitungan yang telah ditentukan pada perencanaan campuran beton (*mix design*).
4. Proses pengadukan pada beton dilakukan dengan memasukkan material yang telah siap ditimbang pembentuk beton (benda uji) yaitu agregat kasar dan halus, pasir, serat ban bekas kendaraan yang telah di ayak untuk memisahkan dari serbuk yang tidak digunakan, air, dan semen ke dalam molen (*concrete mixer*). Pengadukan menggunakan molen dilakukan sampai homogen kemudian tuang adukan ke alas campuran beton.
5. Pengukuran kekentalan pada beton basah diuji dengan menggunakan alat uji *slump*. Kekentalan beton yang telah diuji *slump* harus sesuai dengan yang rencana: 75 - 100 mm.
6. Campuran beton kemudian dituangkan ke dalam cetakan silinder yang sebelumnya sudah dioles dengan oli agar campuran beton tidak melekat pada dinding cetakan. Setelah dituangkan ke dalam cetakan, dipadatkan dengan memukul sisi cetakan menggunakan palu karet dan setelah padat ratakan permukaanya menggunakan sendok semen.
7. Perawatan pada beton dilakukan ketika beton sudah mengeras, setelah beton mengeras di dalam cetakan keluarkan beton dari dalam cetakan silinder kemudian beton direndam didalam air selama umur beton 28 hari.

2.6 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh dari hasil pembebanan benda uji secara lateral sampai mencapai kuat maksimumnya. Pengujian dilakukan apabila umur sudah mencapai hari yang ditentukan yakni 28 hari. sebelumnya benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan sampai air bekas rendaman mengering dibiarkan selama 24 jam sebelum melakukan pengujian. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan mesin penguji kuat tarik belah (*compression machine*). Setelah benda uji kering dari air rendaman benda uji diukur diameter, tingginya menggunakan jangka sorong dan ditimbang sebelum melakukan pengujian. Benda uji yang telah disiapkan ditempatkan diantara dua buah plat pembebanan. Benda uji silinder diletakkan secara horizontal pada mesin uji dengan sumbu silinder tegak lurus pembebanan [29]. Pembebanan dilakukan pada benda uji dilakukan sampai benda uji terbelah sesuai dengan ASTM C 496-96. Sebelum beban sesungguhnya diberikan, terlebih dahulu diberikan plat pembebanan pada posisi yang telah ditentukan. Plat kayu dengan lebar 3 cm dan panjang 40 cm disiapkan di antara muka atas dan bawah landasan benda uji. Beban yang menyebabkan benda uji sudah terbelah merupakan data yang kemudian digunakan untuk memperoleh data kuat tarik belah beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat

Data hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat fisis agregat yang berasal dari kawasan Jantho, Kabupaten Aceh Besar, meliputi pemeriksaan berat volume, berat jenis, penyerapan, analisa saringan, modulus kehalusan. Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat merupakan salah satu data pendukung pada penelitian ini. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan beton. Hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Tabel 1 s.d 4.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

No.	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg/l)	Batas Ijin (Teori) Troxell (1968)
1	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	1,697	> 1,4 kg/l
2	Agregat Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	1,848	
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	1,736	

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan berat Jenis Agregat

No.	Jenis Agregat	Berat Jenis		Batas Ijin (Teori) (1968)
		SG (SSD)	SG (OD)	
1	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	2,75	2,71	2,0 – 2,7
2	Agregat Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	2,74	2,70	
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	2,83	2,78	

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat

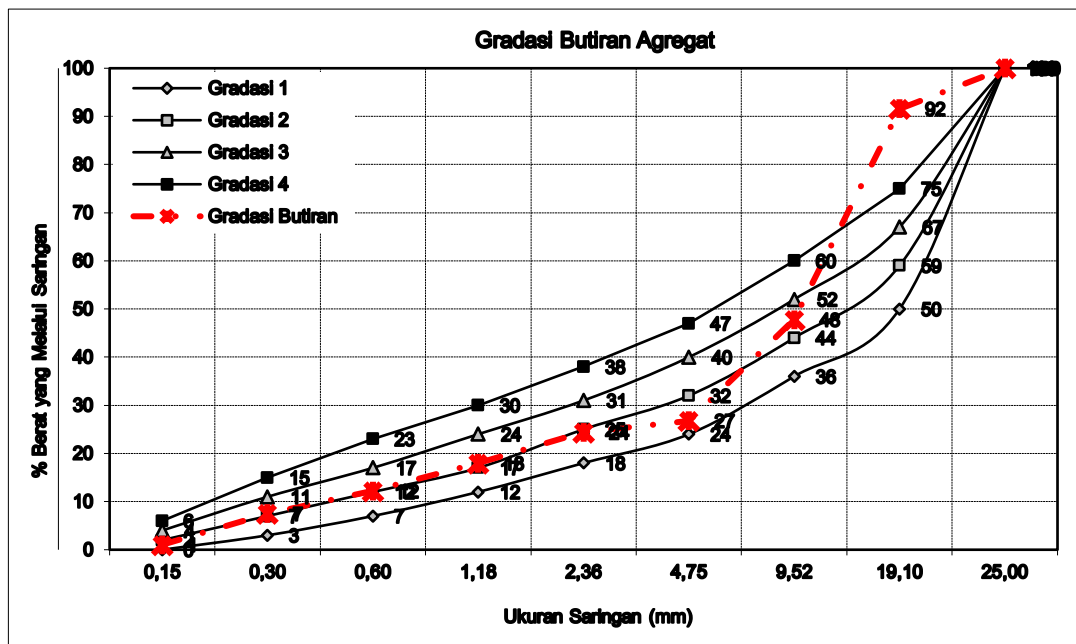
No.	Jenis Agregat	Absorpsi (%)	Batas Ijin (Teori)	
			Troxell (1968)	Orchard (1979)
1	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	1,61	0 % - 2%	0,40 % - 1,90 %
2	Agregat Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	1,63		
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	1,93		

Tabel 4. Nilai *Fineness Modulus* Agregat

No.	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus</i> (FM)
1	Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	2,34
2	Agregat Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	2,92
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	6,83

3.2 Gradasi Agregat

Hasil analisis gradasi agregat campuran diperoleh batasan maksimal ukuran butiran 40 mm dan pada penelitian ini ukuran agregat yang digunakan berukuran maksimal 25 mm, dimana agregat dalam kondisi ini banyak digunakan sebagai material penyusun beton. Dari analisis gradasi yang telah dilakukan didapat modulus kehalusan butiran dimana persentase kumulatif tinggal ayakan berbanding dengan persentase tertinggal ayakan, sehingga didapat modulus kehalusan butiran sebesar 5,70 dapat dilihat pada grafik gradasi agregat rencana pada Gambar 1 bahwa semua agregat yang melewati lubang ayakan berada diantara gradasi 1, 2, 3 dan 4 sesuai dengan ketentuan SNI 03-2834-2000 untuk ukuran butiran maksimal 40 mm.



Gambar 1 Grafik Gradasi Butiran Agregat

3.3 Hasil Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton berdasarkan metode ASTM dan ACI yaitu berdasarkan takaran berat dengan mutu beton yang direncanakan adalah 17 MPa dengan FAS 0,69. Hasil rancangan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rancangan Campuran Beton 1 m³ dengan FAS 0,69

Material	Jumlah yang dibutuhkan	Satuan
Air	193,00	Kg/m ³
Semen	288,06	Kg/m ³
Kerikil	1201,31	Kg/m ³
Pasir Kasar	184,72	Kg/m ³
Pasir Halus	512,91	Kg/m ³
TOTAL	2380,00	Kg/m³

3.4 Hasil Pengujian Slump Test

Slump tes merupakan salah satu uji pada beton yang masih segar dan diuji dengan menggunakan kerucut abrams. Slump yang direncanakan adalah (75-100) mm. Adapun hasil pengujian slump tes dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Slump Test*

Persentase Penambahan Serat Ban Bekas (%)	Tinggi Slump (mm)	Slump Rencana
Beton normal	72	72 - 100 mm
(5%)	76	
(10%)	79	
(15%)	80	

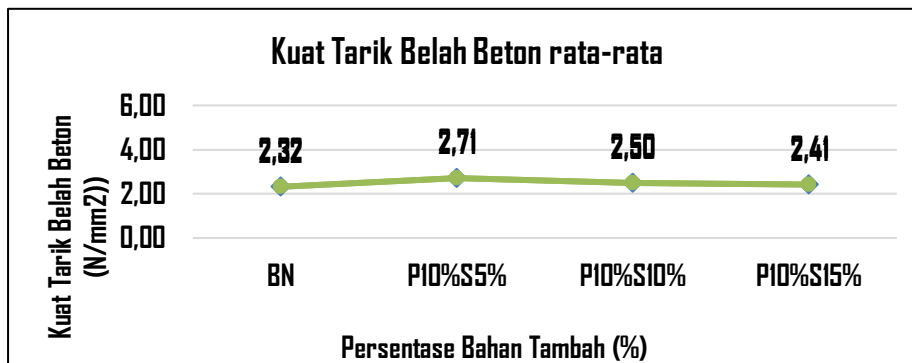
3.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm. Pengujian tarik silinder ini dilakukan setelah beton berumur 28 hari. setelah mencapai umur yang telah direncanakan, barulah dilakukan pengujian menggunakan mesin *Ton Machine* dengan memberikan beban arah Horizontal atau sejajar dengan Lebar dimensi silinder secara perlahan-lahan hingga benda uji mencapai daya kuat tarik maksimum, Adapun hasil pengujian kuat tarik beton normal dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

FAS	UMUR	Persentase Penambahan Serat karet	Dimensi		Beban (TF)	Beban (Kg)	Beban (Kg/cm ²)	Kuat tarik belah Beton (N/mm ²)	Kuat Tarik Belah Beton Rata - Rata (MPa)
			d	t					
			(cm)	(cm)					
0,69	28 Hari	BN	15,0	30,3	15	15000	21,02	2,14	2,32
			15,0	30,2	17	17000	23,90	2,44	
			15,0	30,4	11	11000	15,36	1,57	
			15,0	30,2	21	21000	29,53	3,01	
			15,0	30,2	17	17000	23,90	2,44	
		5,0%	14,9	30,1	18	18000	25,56	2,61	2,71
			15,0	29,8	19	19000	27,07	2,76	
			14,9	30,1	15	15000	21,30	2,17	
			14,7	30,0	21	21000	30,33	3,09	
			14,8	30,0	20	20000	28,69	2,92	
		10,0%	15,0	30,0	15	15000	21,23	2,16	2,50
			15,0	30,2	19	19000	26,72	2,72	
			15,0	30,2	19	19000	26,72	2,72	
			15,0	30,1	15	15000	21,16	2,16	
			15,0	30,2	19	19000	26,72	2,72	
		15,0%	15,0	30,0	17	17000	24,06	2,45	2,41
			15,0	30,3	18	18000	25,23	2,57	
			15,0	30,0	16	16000	22,65	2,31	
			15,0	30,3	17	17000	23,82	2,43	
			15,0	30	16	16000	22,50	2,29	

Dari tabel 7 diatas dapat diketahui bahwa data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah data beban yang diterima benda uji. Setelah dilakukan pengujian kuat tarik beton masing-masing benda uji, dihitung kuat tarik beton tiap-tiap benda uji dan dilakukan penyeleksian data kuat tarik benda uji, kemudian dituangkan dalam bentuk grafik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



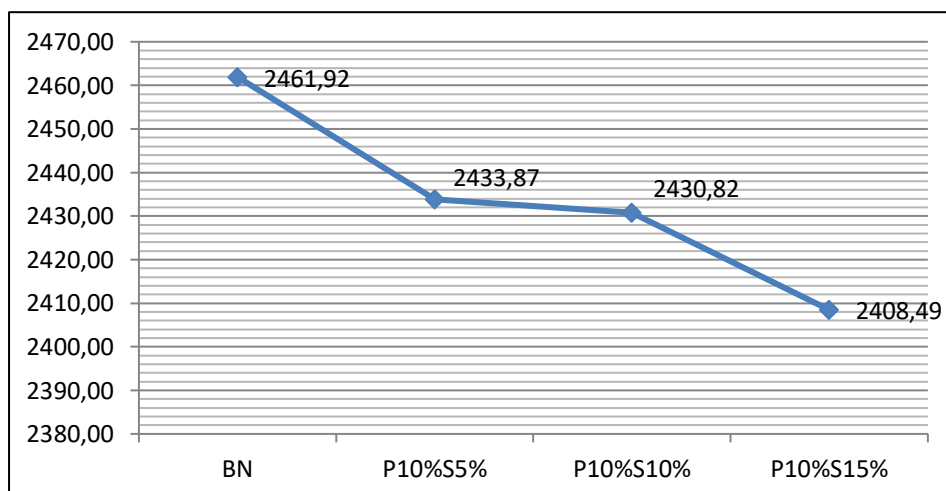
Gambar 2 Grafik kuat tarik belah beton

3.6 Berat Volume Beton

Pengukuran berat volume beton dilakukan dengan cara menimbang berat, mengukur dimensi dan dilakukan perhitungannya yaitu dengan cara membandingkan berat dan volume silinder beton. Hasil pengukuran berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 3.

Tabel 8. Hasil pengujian berat volume beton

Bahan tambah		Kode Benda Uji	Dimensi		Berat	Volume Benda Uji	Berat Isi Benda Uji	Berat Isi Volume Benda Uji Rata-rata
Serat	Fly ash		d	t				
(%)	(%)		(m)	(m)				
0%	0%	BN1	0,15	0,30	13,02	0,0054	2463,92	2461,92
		BN2	0,15	0,30	13,04	0,0053	2475,33	
		BN3	0,15	0,30	13,16	0,0054	2448,70	
		BN4	0,15	0,30	12,80	0,0053	2429,77	
		BN5	0,15	0,30	13,13	0,0053	2492,42	
5%	5%	KTBB (5%) + (5%) 1	0,15	0,30	13,39	0,0053	2427,31	2433,87
		KTBB (5%) + (5%) 2	0,15	0,30	13,27	0,0053	2415,86	
		KTBB (5%) + (5%) 3	0,15	0,30	13,11	0,0053	2472,01	
		KTBB (5%) + (5%) 4	0,15	0,30	13,53	0,005,2	2421,14	
		KTBB (5%) + (5%) 5	0,15	0,30	13,31	0,0053	2433,02	
10%	5%	KTBB (10%) + (5%) 1	0,15	0,30	12,98	0,0053	2389,29	2430,82
		KTBB (10%) + (5%) 2	0,15	0,30	13,10	0,0053	2425,58	
		KTBB (10%) + (5%) 3	0,15	0,30	13,26	0,0053	2466,60	
		KTBB (10%) + (5%) 4	0,15	0,30	12,98	0,0053	2441,18	
		KTBB (10%) + (5%) 5	0,15	0,30	12,96	0,0053	2431,43	
15%	5%	KTBB (15%) + (5%) 1	0,15	0,30	12,78	0,0053	2433,38	2408,49
		KTBB (15%) + (5%) 2	0,15	0,30	12,84	0,0054	2423,91	
		KTBB (15%) + (5%) 3	0,15	0,30	12,75	0,0053	2368,12	
		KTBB (15%) + (5%) 4	0,15	0,30	12,79	0,0054	2401,19	
		KTBB (15%) + (5%) 5	0,15	0,30	12,75	0,0053	2415,83	



Gambar 3 Grafik berat volume beton

Gambar 3 menunjukkan bahwa perbandingan berat volume beton dengan menggunakan penambahan serat ban bekas kendaraan dan sisa abu pembakaran batu bara sebagai substitusi didapat untuk variasi 0% sebesar 2461,92 Kg/m³, sedangkan berat volume beton pada variasi serat ban bekas 5%, 10% dan 15% serta abu sisa pembakaran batu bara 5% ialah sebesar 2433,87 Kg/m³, 2430,82 Kg/m³ dan 2408,49 Kg/m³. Sehingga dengan adanya penambahan serat ban bekas kendaraan dan abu sisa pembakaran batu bara sebagai substitusi mempengaruhi berat volume beton.

4. KESIMPULAN

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat di Laboratorium Bahan Bangunan dan Transportasi Prodi Teknik Sipil Universitas Iskandarmuda, menunjukkan bahwa agregat yang digunakan sudah memenuhi syarat sebagai material pembentukan beton.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik, dapat diketahui bahwa kuat tarik beton dengan menggunakan tambahan serat ban bekas kendaraan dan abu sisa pembakaran batu bara, dapat menaikkan mutu beton bahkan cenderung melebihi dari kuat beton normal 2,32 Mpa dengan bertambahnya persentase ban bekas kendaraan yaitu pada variasi 5%, Kuat Tarik beton = 2,71 Mpa, sedangkan pada variasi 10%, kuat tarik beton = 2,50 Mpa serta variasi 15%, kuat tarik beton = 2,41 Mpa.

Berdasarkan hasil pengukuran berat volume, dapat dikatakan bahwa nilai berat volume beton dengan menggunakan penambahan serat ban bekas kendaraan dan abu sisa pembakaran batu bara untuk variasi 0% sebesar 2461,92 Kg/m³, sedangkan berat volume beton pada variasi 5%, 10%, dan 15% ialah sebesar 2433,87 Kg/m³, 2430,82 Kg/m³ dan 2408,49 Kg/m³. Sehingga penggunaan penambahan serat ban bekas dan sisa abu pembakaran batu bara yang bertujuan untuk menurunkan nilai berat jenis dari beton berdampak pada penurunan kekuatan yang cukup besar dari beton

5. SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan menggunakan serat ban bekas sebesar 5% dengan tetap menambahkan abu sisa batu bara. Selain itu, juga dilihat kuat tarik belah beton pada setiap umur benda uji 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya peningkatan kuat tarik yang signifikan sebelum beton mencapai kuat tarik maksimum pada umur 28 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan ditujukan kepada pihak-pihak yang telah membatu dalam pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada Prodi Teknik Sipil Universitas Iskandar Muda yang telah mendukung serta memudahkan dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Imbabi, C. Carrigan, and S. McKenna, "Trends and developments in green cement and concrete technology," *Int. J. Sustain. Built Environ.*, vol. 1, no. 2, pp. 194–216, 2012.
- [2] C. Wang, C. Yang, F. Liu, C. Wan, and X. Pu, "Preparation of Ultra-High Performance Concrete with common technology and materials," *Cem. Concr. Compos.*, 2012, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2011.11.005.

- [3] D. Permukiman and P. Wilayah, "Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi (PD T-04-2004-C)," *Dep. Pekerj. Umum*, 2004.
- [4] M. Hasan, T. Saidi, M. Jamil, and M. F. Fadillah, "The resistance of high strength concrete with diatomaceous earth exposed to high temperatures," in *AIP Conference Proceedings*, 2023, vol. 2613, no. 1, p. 30002.
- [5] M. Hasan, M. Jamil, and T. Saidi, "Mechanical properties and durability of ultra-high-performance concrete with calcined diatomaceous earth as cement replacement," *J. Mech. Behav. Mater.*, vol. 32, no. 1, p. 20220272, 2023.
- [6] D.-Y. Yoo and N. Banthia, "Mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete: A review," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 73, pp. 267–280, 2016.
- [7] Y. Ding, G. Liu, A. Hussain, F. Pacheco-Torgal, and Y. Zhang, "Effect of steel fiber and carbon black on the self-sensing ability of concrete cracks under bending," *Constr. Build. Mater.*, vol. 207, pp. 630–639, 2019.
- [8] J. Di Filippo, J. Karpman, and J. R. DeShazo, "The impacts of policies to reduce CO2 emissions within the concrete supply chain," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 101, pp. 67–82, 2019.
- [9] N. C. Onyenokporo, "Supplementary Cementitious Materials as Sustainable Partial Replacement for Cement in the Building Industry," *Int. J. Archit. Environ. Eng.*, vol. 16, no. 3, pp. 74–84, 2022.
- [10] S. Fernando, C. Gunasekara, D. W. Law, M. C. M. Nasvi, S. Setunge, and R. Dissanayake, "Life cycle assessment and cost analysis of fly ash--rice husk ash blended alkali-activated concrete," *J. Environ. Manage.*, vol. 295, p. 113140, 2021.
- [11] W. Wu, R. Wang, C. Zhu, and Q. Meng, "The effect of fly ash and silica fume on mechanical properties and durability of coral aggregate concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 185, pp. 69–78, 2018.
- [12] H. Wardhana and N. H. Haryanti, "Studi abu dasar batubara sebagai bahan konstruksi campuran beton," *INFO-TEKNIK*, vol. 2, no. 1, pp. 39–41, 2001.
- [13] D. Siang *et al.*, "Influence of SiO₂, TiO₂ and Fe₂O₃ nanoparticles on the properties of fly ash blended cement mortars," *Constr. Build. Mater.*, vol. 258, 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119627.
- [14] Z. Abidin, B. Bunyamin, and F. D. Kurniasarir, "Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [15] F. D. Pratama, B. Bunyamin, and F. D. Kurniasari, "PENGARUH PENGGUNAAN SUBSTITUSI FILLER SERBUK KAYU PADA CAMPURAN LAPISAN ASPAL BETON," *J. Tek. Sipil Unaya*, vol. 7, no. 2, pp. 123–134, 2021.
- [16] A. Amiruddin, F. D. Kurniasari, and B. Bunyamin, "PENGARUH SUBSTITUSI STYROFOAM PADA ASPAL DENGAN METODE PENCAMPURAN KERING LASTON ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)," *J. Tek. Sipil dan Teknol. Konstr.*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [17] F. Kurniasari, B. Bunyamin, A. Amin, and others, "Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit (ACS) Untuk Substitusi Filler Pada Asphalt Concrete Wearing Course," *J. Tek. Sipil Unaya*, vol. 8, no. 2, pp. 204–214, 2022.
- [18] M. I. M Irgan, "PENGARUH PENAMBAHAN HANCURAN KARET (CRUMB RUBBER) PADA CAMPURAN BETON TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON," Universitas Mataram, 2017.
- [19] 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.
- [20] M. Hady, B. Bunyamin, D. Darwin, A. Rahman, and A. Satria, "Pemanfaatan Cangkang Keong Sawah Sebagai Substitusi Sebahagian Semen Dan Agregat Halus Terhadap Kuat

-
- Tekan Beton,” *J. Tek. Sipil dan Teknol. Konstr.*, vol. 8, no. 1, 2022.
- [21] B. S. Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847: 2019).” Jakarta, 2019.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] A. C33/C33M-13, “Standard Specification for Concrete Aggregates,” *A.S.T.M. Int. WestConshoocken P.A. vol. 04.02 p. 11*, 2013.
- [25] B. Bunyamin, R. P. Munirwan, M. Ridha, and N. Hendrifa, “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.
- [26] D. ASTM, “ASTM D-2240,” 2015.
- [27] A. C. I. C. 211, “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete:(ACI 211.1-91),” 1991.
- [28] B. Bunyamin, N. Hendrifa, 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.
- [29] A. C496/C496M-11, “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength for Cylindrical Concrete Specimens,” *A.S.T.M. Int. WestConshoocken P.A. vol. 04.02 p. 5*, 2011.