

Pengaruh Pemanfaatan Arang Kayu Sebagai Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Campuran Beton

Tarmizi Wahid Siregar,¹ Suryanti Suraja Pulungan,² Ferawati Artauli Hasibun,³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan

^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan

Email : wahidtarmizi898@gmail.com

Abstrak : Penelitian ini mengkaji pengaruh arang kayu sebagai agregat kasar terhadap karakteristik campuran beton. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh arang kayu sebagai agregat kasar terhadap karakteristik campuran beton dan untuk mengetahui perubahan sifat campuran beton akibat penambahan arang kayu sebagai agregat kasar. Variasi proporsi arang kayu yang digunakan adalah 20 % dan 25 %. Pengujian meliputi uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan arang kayu pada proporsi 20 % dan 25 % masih memenuhi standar kekuatan structural dengan penurunan kekuatan tekan yang menunjukkan bahwa proporsi tinggi arang kayu dapat mengurangi performa structural beton. Ketahanan terhadap serapan air meningkat seiring dengan penambahan proporsi arang kayu, karena sifat pororitas arang kayu yang cenderung menyerap lebih banyak air dibandingkan agregat kasar konvensional. Kesimpulannya, arang kayu dapat digunakan sebagai agregat kasar alternatif dalam campuran beton dengan proporsi optimal dibawah 20 %, sehingga memanfaatkan limbah arang kayu (biomassa) dan meningkatkan keberlanjutan dalam industri konstruksi.

Kata kunci : arang kayu, agregat kasar, beton, kuat tekan.

PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan beton sebagai bahan dasar konstruksi meningkat pesat seiring dengan pesatnya perkembangan pembangunan, terutama pembangunan gedung-gedung bertingkat, jembatan, terowongan, bendungan, dam, ataupun konstruksi pabrik. Dominasi penggunaan beton ini antara lain disebabkan pengerjaannya yang relatif lebih mudah, karena dapat dibuat di lokasi dan mudah dibentuk sesuai dengan keinginan pemakainya.

Beton adalah campuran yang terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Beton terdiri dari partikel-partikel yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen dan air. Campuran pasir, semen dan air akan mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar (*fresh*) dicor, beton mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air, membentuk suatu bahan struktur yang padat dan tahan lama.

Salah satu bahan yang mungkin dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton adalah arang kayu. Arang kayu sebagai hasil dari proses pembakaran tidak lengkap terhadap bahan kayu yang berasal dari jenis kayu

campuran (tidak satu jenis kayu) mempunyai berat volume 0,1722 gr/cm³ dan berat jenis 0,54 kg/cm³. Dengan berat volume dan berat jenis arang kayu tersebut, tentunya terdapat peluang untuk memamfaatkannya sebagai komponen penyusun beton yang memiliki berat jenis cukup rendah, dengan harapan bisa diperoleh beton yang tetap bermutu, tetapi memiliki karakteristik yang masih memenuhi harapan pengguna bahan beton.

Pemanfaatan arang kayu sebagai bahan agregat kasar dari beton merupakan salah satu solusi agar dapat digunakan dari sisa potongan pohon yang tidak termamfaatkan. Dari potongan kayu (tidak satu jenis kayu) sebagai pengganti agregat dalam campuran beton diharapkan mampu menaikkan kuat tekan beton itu sendiri dan juga menaikkan nilai *slump* agar memudahkan penuangan adukan. Selain itu untuk meningkatkan kuat tekan beton, diharapkan pemanfaatan arang kayu ini juga dapat mengatasi atau mengurangi jumlah kayu yang tidak termamfaatkan di lingkungan masyarakat.

TINJAUAN PUSTAKA

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan 4,75 mm (ASTM C33, 1982), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari insdustri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pebgaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci

METODE PENELITIAN

Untuk Penelitian ini, metode yang digunakan berupa metode eksperimen yang proses pengerjaannya dilakukan di Laboratorium, dengan menghasilkan data kuantitatif. Bahan yang digunakan dalam eksperimen ini menggunakan limbah abu sekam padi, bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil dan mengetahui pengaruh akibat penambahan campuran satu sama lain.

Pelaksanaan pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian bertempat di Laboratorium Beton, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan.

Untuk waktu pelaksanaan penelitian ini membutuhkan kisaran 4 bulan yaitu dimulai pada tanggal 25 mei 2023 hingga 25 agustus 2023. Perendaman berdasarkan umur perendaman yang sudah ditetapkan yaitu umur 7,14 dan 28 hari dan kemudian di uji kuat tekan benda uji menggunakan alat kuat tekan.

Adapun pelaksanaan penelitian melalui beberapa tahap yaitu :

1. pembuatan benda uji berdasarkan persentase yang sudah ditetapkan

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila dilayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat :
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

2. Perendaman benda uji sesuai umur perendaman yang sudah ditetapkan umur 7, 14, 28 hari.

3. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat press kuat tekan.

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian analisa kuat tekan paving block dengan pemanfaatan limbah abu sekam padi sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer adalah berupa data yang diperoleh dari eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Kampus III Universitas Garaha Nusantara Padangsidimpuan. Data primer dibuat sebagai acuan sumber data dalam hasil penelitian ini.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak didapat secara individu maupun wawancara, Maka data ini digunakan sebagai pendukung dalam menyusun hasil penelitian, yang termasuk dalam data sekunder antara lain data sensus yang dikumpulkan pemerintas seperti Standar Nasional Indonesia (SNI), Artikel, Buku Teknologi, jurnal ilmiah serta beberapa data pendukung seperti internet dan kumpulan makalah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Dan Analisa Pengujian Agregat Kasar

Dari pengujian agregat kasar yang telah dilakukan didapat hasil dan nilai pengujian agregat kasar seperti pengujian kadar air, analisa ayak seperti penjelasan

berikut ini.

a. Pengujian kadar air

Dari pengujian kadar air agregat kasar yang telah dilakukan didapat hasil pengujian seperti pada tabel berikut.

Tabel 1 Perhitungan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Pengukuran	Satuan	Berat Sampel
1	Berat Agregat Semula (W1)	Gr	1.000
2	Berat Agregat Kering Oven (W2)	Gr	975
3	Kadar Air	%	3,0

Dengan menggunakan persamaan berikut ini maka diperoleh kadar air agregat kasar yaitu :

$$\text{Kadar air agregat kasar} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air agregat kasar} = \frac{1000 - 975}{975} \times 100\%$$

$$\text{Kadar air agregat kasar} = 3 \%$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh sebesar 3%, maka agregat kasar layak digunakan sebagai campuran beton karena memenuhi syarat standar yaitu 3%-5%.

b. Analisa ayak

Dari pengujian analisa ayak agregat kasar yang telah dilakukan didapat hasil pengujian seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2 Analisa Saringan Agregat Kasar

No	Ukuran Saringan	Ukuran Lobang Ayakan	Berat Tertahan (gr)	Lolos Ayak (gr)	Jumlah Persen(%)		% Kumulatif Tertahan	% Kumulatif Lewat
		(mm)			Tertahan	Lewat		
1	No.1.5	38,100	0	1855	0,00	100,00	0,00	100,00
2	No.¾	19,100	675	1180	36,39	63,61	36,39	63,61
3	No.3/8	9,500	1080	100	58,22	5,39	94,61	5,39
4	No.4	4,750	75	25	4,04	1,35	98,65	1,35
5	PAN(Sisa)		25		1,35	0,00	100	0,00
Jumlah			1855					

Berdasarkan tabel diatas diperoleh bahwa semakin besar ukuran saringan dan semakin kecil ukuran lobang ayakan maka persentase agregat kasar yang lolos ayak akan

semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut maka dapat ditentukan batas gradasi agregat kasar. Untuk menentukan batas gradasi agregat kasar berdasarkan persentase berat butir yang lewat ayakan dapat kita lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3 Perbandingan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Lubang	Persentase lolos ayakan		
	10 mm	20mm	40mm
38,10	-	95–100	100
19,10	100	95–100	35–70
9,50	50–85	30–60	10–40
4,75	0–10	0– 10	0–5

b. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Normal

Dari pengujian beton yang telah dilakukan didapat hasil dan nilai pengujian beton normal terhadap kuat tekan f_c' seperti tabel berikut ini

Tabel 4 Kuat Tekan Beton Normal Berdasarkan Umur Beton

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Massa Benda Uji(kg)	Dimensi		Kuat Tekan(N)
				L (mm)	D (mm)	
1	N-01	7	11,69	300	150	161250
2	N-02		11,84	300	150	180000
3	N-03		12,02	300	150	172500
4	N-01	14	11,69	300	150	210000
5	N-02		11,84	300	150	225000
6	N-03		12,02	300	150	213750
7	N-01	28	11,69	300	150	270000
8	N-02		11,84	300	150	307500
9	N-03		12,02	300	150	322500

Berdasarkan tabel diatas adalah data gaya tekan beton normal berdasarkan umur beton yaitu selama 7, 14 dan 28 hari dan benda massa uji serta kuat gaya tekan yang diberikan untuk menguji beton normal tersebut.

Dengan menggunakan persamaan berikutini,maka kita dapat menghitung nilai luas bidang (A) seperti pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \\ &= 176,625 \text{ cm}^2 \\ &= 17.662,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat tekan beton kita dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'_c &= \frac{P}{A} \\ f'_c &= \frac{161250 \text{ N}}{17662,5 \text{ mm}^2} \\ f'_c &= 9,13 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat tekan beton rata-rata kita peroleh nilai sebesar.

$$f'_{c \text{ Rata-rata}} = \frac{9,70 + 12,24 + 16,99}{3}$$

$$f'_{c \text{ Rata-rata}} = 12,98 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan diatas maka didapat nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tekan beton rata rata seperti tampak pada tabel berikut ini.

Tabel 5 Nilai Kuat Tekan Beton Normal Dan Nilai Kuat Tekan Rata Rata Beton Normal Berdasarkan Umur Beton

No	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Luas Bidang (mm ²)	Kuat Tekan (N)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata Rata (N/mm ²)
1	N-01	7	11,92	17662,5	161250	9,13	9,70
2	N-02		11,91	17662,5	180000	10,19	
3	N-03		11,93	17662,5	172500	9,77	
4	N-01	14	11,92	17662,5	210000	11,89	12,24
5	N-02		11,91	17662,5	225000	12,74	
6	N-03		11,93	17662,5	213750	12,10	
7	N-01	28	11,92	17662,5	270000	15,29	16,99
8	N-02		11,91	17662,5	307500	17,41	
9	N-03		11,93	17662,5	322500	18,26	

Berdasarkan tabel 4.11 diatas menjelaskan bahwa setelah dilakukan perawatan selama 7,14, dan 28 hari kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton normal umur 7,14, dan 28 hari sebesar 9,70 N/mm², 12,24 N/mm², dan 16,99 N/mm².

Berdasarkan tabel 4.11 diatas menjelaskan bahwa setelah dilakukan perawatan selama 7, 14, dan 28 hari kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton normal umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 9,70 N/mm², 12,24 N/mm², dan 16,99 N/mm².

c. Hasil Dan Analisa Pengujian Beton Dengan Bahan Arang Kayu

Dari pengujian beton yang telah dilakukan didapat hasil dan nilai pengujian beton dengan bahan tambah arang kayu terhadap kuat tekan f'_c seperti tabel berikut.

Tabel 6 Kuat Tekan Beton Dengan arang kayu Berdasarkan Umur Beton

No	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Massa Benda Uji(kg)	Dimensi		Kuat Tekan(N)
				L (mm)	D (mm)	
1	V2-01	7	11,92	300	150	138750
2	V2-02		11,91	300	150	142500
3	V2-03		11,93	300	150	150000
4	V2-01	14	11,92	300	150	168750
5	V2-02		11,91	300	150	180000
6	V2-03		11,93	300	150	172500
7	V2-01	28	11,92	300	150	213750
8	V2-02		11,91	300	150	243750
9	V2-03		11,93	300	150	255000

Berdasarkan tabel diatas adalah data gaya tekan beton dengan arang kayu berdasarkan umur beton yaitu selama 7, 14 dan 28 hari dan benda massa uji serta kuat gaya tekan yang diberikan untuk menguji beton dengan arang kayu tersebut.

Dengan menggunakan persamaan berikut ini, maka kita dapat menghitung nilai luas bidang (A) seperti pada perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15^2 \\
 &= 176,625 \text{ cm}^2 \\
 &= 17.662,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat tekan beton kita dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 f'_c &= \frac{P}{A} \\
 f'_c &= \frac{138750 \text{ N}}{17662,5 \text{ mm}^2} \\
 f'_c &= 7,86 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai kuat tekan beton rata-rata kita peroleh nilai sebesar.

$$\begin{aligned}
 f'_{c \text{ Rata-rata}} &= \frac{13,45 + 9,84 + 8,14}{3} \\
 f'_{c \text{ Rata-rata}} &= 10,48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tekan beton rata rata seperti tampak pada tabel berikut ini.

Tabel 7 Nilai Kuat Tekan Beton Dan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata Dengan bahan tambah arang kayu 20%

No	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Luas Bidang (mm ²)	Kuat Tekan (N)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata Rata (N/mm ²)
1	V2-01	7	11,92	17662,5	138750	7,86	8,14
2	V2-02		11,91	17662,5	142500	8,07	
3	V2-03		11,93	17662,5	150000	8,49	
4	V2-01	14	11,92	17662,5	168750	9,55	9,84
5	V2-02		11,91	17662,5	180000	10,19	
6	V2-03		11,93	17662,5	172500	9,77	
7	V2-01	28	11,92	17662,5	213750	12,10	13,45
8	V2-02		11,91	17662,5	243750	13,80	
9	V2-03		11,93	17662,5	255000	14,44	

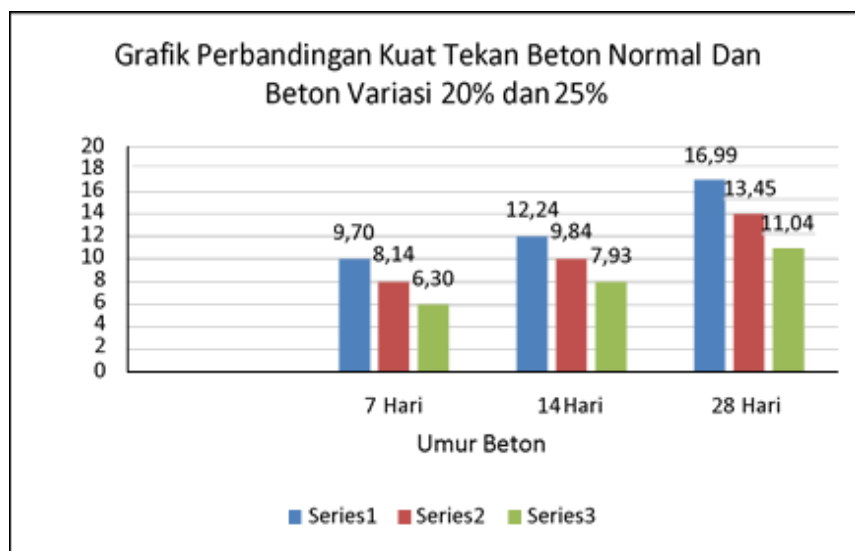
Dari tabel diatas diperoleh nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tekan beton rata-rata dengan pengujian yang dilakukan terhadap campuran beton variasi 20% arang kayu didapat kuat tekan f_c' rata-rata pada umur 7 hari yaitu sebesar 8,14N/mm², umur 14 hari 9,84 N/mm², dan umur 28 hari 13,45 N/mm².

Tabel 8 Nilai Kuat Tekan Beton Dan Nilai Kuat Tekan Beton Rata-Rata Dengan bahan tambah arang kayu 25%

No	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Massa Benda Uji (kg)	Luas Bidang (mm ²)	Kuat Tekan (N)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata Rata (N/mm ²)
1	V2-01	7	11,92	17662,5	112500	6,37	6,30
2	V2-02		11,91	17662,5	101350	5,58	
3	V2-03		11,93	17662,5	122750	6,95	
4	V2-01	14	11,92	17662,5	127500	7,22	7,93
5	V2-02		11,91	17662,5	135000	8,40	
6	V2-03		11,93	17662,5	112500	8,18	
7	V2-01	28	11,92	17662,5	195000	11,04	11,04
8	V2-02		11,91	17662,5	187500	10,62	
9	V2-03		11,93	17662,5	198750	11,46	

Dari tabel diatas diperoleh nilai kuat tekan beton dan nilai kuat tekan beton rata-rata dengan pengujian yang dilakukan terhadap campuran beton dengan arang kayu

25% didapat kuat tekan f_c' rata-rata pada umur 7 hari yaitu sebesar 6,30N/mm², umur 14 hari 7,93 N/mm², dan umur 28 hari 11,04 N/mm².



Gambar 1 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Umur 7,14, dan 28 Hari, Dengan Variasi Arang Kayu Sebesar 20% dan 25% Terhadap Beton Normal

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat meningkatnya mutu beton dari umur 7 hari ke 14 hari dan 28 hari dengan cukup signifikan. Beton pada umur 28 hari yang memiliki kuat tekan paling besar 13,45 N/mm² dengan variasi 20% sedangkan beton yang

memiliki 6,30 N/mm² dengan variasi 25%. Peningkatan mutu tersebut terus berjalan hingga beton di umur 28 hari.

Variasi arang kayu sangat mempengaruhi mutu beton, untuk variasi 20% nilai kuat tekan beton

hampir mendekati nilai kuat tekan normal, sedangkan variasi 25% lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton variasi 20% dan beton normal.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan atas penelitian pengaruh penambahan arang kayu terhadap kuat tekan beton yaitu:

1. Dari hasil penelitian nilai kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari setelah dilakukan uji tekan pada variasi arang kayu 20%, dan 25% serta beton normal adalah 6,30 N/mm², 8,14 N/mm², dan 9,70 N/mm². Pada umur 14 hari adalah 7,93 N/mm², 9,84 N/mm², dan 12,24 N/mm². Sedangkan pada umur 28 hari adalah 11,04 N/mm², 13,45 N/mm², dan 16,99 N/mm². Maka penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh arang kayu sebagai pengganti agregat kasar dapat mempengaruhi ketahanan terhadap beban beton, dengan hasil yang menjanjikan untuk konstruksi.
2. Dari hasil penelitian kuat tekan rata-rata paling mendekati dengan nilai kuat tekan beton normal yaitu variasi 20% dengan nilai kuat tekan tidak jauh dari nilai tekan beton normal yaitu umur 7 hari beton normal sebesar 9,70 N/mm², sedangkan beton

variasi 25% sebesar 8,14 N/mm² dan begitu juga pada umur 14 hari dan 28 hari.

Maka penelitian ini menunjukkan bahwa arang kayu sebagai pengganti agregat kasar bisa membuat perubahan sifat mekanik dan fisis beton serta dapat meningkatkan ketahanan tekan beton, namun juga menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan kekuatan lentur beton.

SARAN

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan agar penelitian yang telah diselesaikan ini mampu untuk dikembangkan menjadi luas lagi serta bermanfaat untuk orang banyak yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kuat tekan dengan penambahan dengan arang kayu untuk mengetahui peningkatan kelebihannya.

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis juga memberikan saran dimana campuran beton dengan arang kayu sebagai pengganti agregat kasar mampu digunakan untuk konstruksi yang tidak menerima beban. Kemudian campuran beton arang kayu ini bisa digunakan sebagai bahan perekat yang baik pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials C33 (1986). *Standards Specification For Agregats*, Philadelphia, ASTM.

American Society for Testing and Materials C150 (1998). *Standards Specification For Portland Cement*, Philadelphia, ASTM.

Anonim, 2000, SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, BSN, Jakarta.

ASTM, C. 1996. *Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens*.

Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 3418-2011: Cara Uji Kandungan Udara dalam Beton Segar dengan Metode Tekan Jakarta, Indonesia.

Dinas Pekerjaan Umum, 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03-2834 2000. Pusjatan-Balitbang PU, Indonesia.

FD Pardi, Habeahan, DKK. 2013. Pengaruh Perawatan (Curing) Pada Beton Dengan Limbah Abu Boiler Parik Kelapa Sawit (Pks) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara: Medan.

Heinz Frick, 1999. Ilmu Bahan Bangunan. Kanisius, Kabupaten Klaten.

Iskandar, H dan Dwi. K. S, 2005. Panduan Singkat Cara Pembuatan Arang Kayu, Jakarta. PT. Inti Prima Karya.

Krisnamurti, 2008. Beton Arang Kayu, Jurnal Teknik Sipil, Universitas Jember.

Kardiyono T. 1992. Teknologi Beton, Yogyakarta Pusat Antar Universitas (PAU)

L. J. Murdock and K. M. Brook, 1999. Bahan dan Praktek Beton, Erlangga.

Mulyono, T., 2004. Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.

Mulyono, 2004, Teknologi Beton. Dari Teori Ke Praktek LPP-UNJ. Jakarta.

Nugraha, Paul, 2007. Teknologi Beton, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.

Raina, V. K, 1998. *Concrete For Contruction*, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Satyaragha, Fauzi. 2018. Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Bekas Kendaraan Terhadap Karakteristik Beton. Yogyakarta Universitas Negeri Yogyakarta.

SNI0334492002 Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

TimPenulis, 2022 Panduan Penulisan Skripsi UGN.Universitas Graha Nusantara, Padangsidempuan.

Tjokrodinuljo,2007,Perawatan Beton.Biro penerbit:Yogyakarta.

Wuryati Samekto & Candra Rahmadiyanto, 2001.Teknologi beton. Kanisius, Yogyakarta.