ISSN : 2088-2076 Jurnal SIPILsains

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU TERHADAP KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *BESTMITTEL*

Suprianto[1]*, Hamka[2], Misbahuddin[3]
[1,2,3] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare
[1]*anto171000@gmail.com

Abstrak: Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Serbuk kayu merupakan salah satu serat alami (*cellulose fibers*) yang dapat digunakan sebagau zat tambah dalam campuran beton. Jikalau perlu menambahkan atau memanfaatkan limbah-limbah alam, Untuk mengetahui pengaruh serbuk kayu dan bestmittel terhadap kuat tekan beton maka dilakukan penelitian dengan menggunakan serbuk kayu yang bersumber dari hasil limbah pengrajin kayu. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton normal kubus dan silinder adalah 25,76 dan 25,38 Mpa. Pada penambahan variasi 2,5% serbuk kayu dan 0,5% *bestmittel* didapat kuat tekan beton kubus dan silinder 28,21 dan 27,74 Mpa. Namun, pada variasi serbuk kayu 5% dan 0,5% *bestmittel* didapat kuat tekan beton kubus dan silinder 24,16 dan 23,97 Mpa. Sedangkan pada variasi 7,5% serbuk kayu dan 0,5% *bestmittel* didapatkan kuat tekan beton kubus dan silinder 21,80 dan 21,23 Mpa. Dari hasil penelitian ini didapat kesimpulan bahwa penggunaan serbuk kayu pada variasi 2,5% dan *bestmittel* 0,5% efektif dalam meningkatkan kuat tekan beton.

Kata kunci: Serbuk Kayu, *Bestmittel*, Kuat Tekan, Metode Eksperimental

***Abstract**: Concrete is a mixture of Portland cement or other hydraulic cement, fine aggregate, coarse aggregate and water, with or without additives (admixtures). Sawdust is one of the natural fibers (cellulose fibers) that can be used as an additive in concrete mixtures. If it is necessary to add or utilize natural wastes, to determine the effect of sawdust and bestmittel on the compressive strength of concrete, research was conducted using sawdust sourced from the waste of wood craftsmen. This research method uses experimental methods conducted in the laboratory of structures and materials of the University of Muhammadiyah Parepare. The study showed that the compressive strength values of normal concrete cubes and cylinders were 25.76 and 25.38 Mpa. In the addition of 2.5% variation of wood powder and 0.5% bestmittel obtained compressive strength of concrete cubes and cylinders 28.21 and 27.74 Mpa. However, in the variation of sawdust 5% and 0.5% bestmittel obtained compressive strength of concrete cubes and cylinders 24.16 and 23.97 Mpa. While the variation of 7.5% wood powder and 0.5% bestmittel obtained compressive strength of concrete cubes and cylinders 21.80 and 21.23 Mpa. From the results of this study it was concluded that the use of wood powder at a variation of 2.5% and 0.5% bestmittel effective in increasing the compressive strength of concrete.*

Keywords: Wood Powder, Bestmittel, Compressive Strength, Experimental Method

I. PENDAHULUAN

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang membentuk massa padat [1]. Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran, faktor air-semen, pelaksanaan pemadatan, serta perawatan selama pengerasan. Dengan pesatnya perkembangan pembangunan di Indonesia, kebutuhan akan konstruksi semakin meningkat setiap tahunnya [2]. Dalam bidang konstruksi, beton merupakan bahan utama dan paling banyak digunakan, sehingga kualitas beton dituntut untuk lebih optimal berinovasi untuk menghasilkan beton yang lebih ekonomis, berkualitas tinggi, dan memiliki proses

pengerasan yang lebih cepat, guna meningkatkan efisiensi waktu dalam pekerjaan konstruksi [3].

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dalam bidang furniture, jumlah perusahaan pengolahan kayu juga meningkat, menghasilkan tumpukan limbah serbuk gergaji yang belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat [4]. Serbuk kayu, limbah dari penggergajian kayu, dapat menimbulkan masalah lingkungan jika dibiarkan membusuk, ditumpuk, atau dibakar. Serbuk kayu mudah didapat dan relatif murah, sehingga penting untuk mengolah dan memanfaatkannya secara ramah lingkungan [5]. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian beton dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu sebagai substitusi agregat halus serta penambahan zat aditif *bestmittel*, untuk mengurangi dampak limbah terhadap lingkungan.

Serbuk kayu mengandung selulosa yang, ketika ditambahkan pada campuran semen beton, dapat terserap pada permukaan mineral atau partikel [6]. Selulosa ini memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel berkat sifat adhesi dan dispersinya [7]. Bahan aditif *bestmittel* adalah formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dan dapat meningkatkan kuat tekan beton. *Bestmittel* membantu proses pengecoran dalam waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal 7-10 hari serta meningkatkan mutu beton 5% -10%. Pada penelitian ini persentase *bestmittel* yang akan ditambahkan sebesar 0,5% [8].

Penelitian Siswadi (2007) menunjukkan penambahan serbuk gergaji sebanyak 1 kg/m3 pada beton dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 3,1%, sedangkan penelitian Ikhsan (2013) yang menambahkan serbuk gergaji sebanyak 5 gr pada benda uji kubus ukuran 15 cm menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan beton sebesar 8,7%. Pada kedua penelitian tersebut penambahan serbuk gergaji. belum menunjukkan penurunan kuat tekan sehingga penulis menganggap dapat dilakukan penambahan serbuk gergaji dengan kadar yang lebih bervariasi. Adapun pada penelitian ini penulis menambahkan komposisi serbuk kayu kedalam campuran beton yaitu sebesar 0% ; 2,5% ; 5% dan 7,5% [9].

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas atau parameter yang menunjukkan besarnya beban yang dapat ditahan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan. kuat tekan beton merupakan gambaran dari mutu beton yang berkaitan dengan struktur beton. Kuat tekan beton merupakan parameter terpenting adalah beton lebih tahan terhadap tekan daripada tarik (Tjokrodimuljo, K.,1996). [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk kayu dan bestmittel terhadap kuat tekan beton, dilakukan penelitian menggunakan serbuk kayu yang berasal dari limbah pengrajin kayu.

II. METODOLOGI

2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium, dengan melakukan berbagai macam pengujian yang berkaitan dengan data-data yang telah direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Dan Bahan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Berlokasi di Gedung f, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare, dengan waktu penelitian dilakukan kurang lebih dari 3 bulan, yaitu setelah melaksanakan seminar proposal.

2.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan, timbangan digital, gelas ukur, piknometer, jangka sorong, oven, alat pengaduk/molen, alat uji slump dan tongkat penumbuk, penggaris/meteran, cetakan beton, mesin uji tekan , mesin los angeles, bak perendaman.
Bahan yang digunakan pada penelitian ini semen, agregat kasar, agregat halus, air, serbuk kayu, bahan tambah *Bestmittel.*

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu analisa saringan agregat. Berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan keausan, pemeriksaan kadar organic, berat volume agregat, kadar air agregat, kadar lumpur, mix design, slum test dan uji kuat tekan beton.
Data sekunder didapatkan melalui studi literatur dalam mencari teori berupa jurnal atau artikel-artikel yang digunakan untuk mempelajari karya ilmiah yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan yaitu pemanfaatan serbuk kayu dan zat aditif bestmittel dalam pembuatan beton, adapun data sekunder lainnya dari Standar Nasional Indonesia (SNI), buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan, ataupun informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

2.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dengan membandingkan hasil data dari kekuatan kompresive dari setiap variasi campuran melalui grafik, sehingga dapat menentukan efek yang dihasilkan disetiap grafik usia beton. Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis pengujian kuat tekan beton (Standar Nasional Indonesia, 2011) dan kuat tarik belah beton (Standar Nasional Indonesia, 2002).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

3.1.1. Agregat Halus

Tabel I. Rekap Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4.70%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	4.51%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.72	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.94%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.56	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.43	Memenuhi
	c. Bj.kering permukaan	1,6 - 3,3	2.48	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.51	Memenuhi
8	BV Serbuk Kayu			
	a. Kondisi lepas	1,4-1,9 kg/liter	0.15	Tidak
	b. Kondisi padat	1,4-1,9 kg/liter	0.17	Tidak

Hasil pengujian agregat halus menunjukkan bahwa material tersebut memenuhi berbagai persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton. Namun, pada berat volume serbuk kayu sebagai bahan tambah tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

3.1.2. Agregat Kasar

Tabel II. Rekap Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil	Keterangan
1	Kadar lumpur	Maks 1%	1.00%	Memenuhi
2	Kadar organik	Maks 50%	25.5%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.22%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.81	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1.77%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2.67	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.55	Memenuhi
	c. Bj.kering permukaan	1,6 - 3,3	2.59	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.64	Memenuhi

Hasil pengujian agregat kasar menunjukkan bahwa material tersebut memenuhi berbagai persyaratan untuk digunakan dalam campuran beton.

3.2. Mix Design

Tabel III. Rekap Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Beton Normal

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu Kubik Beton (kg)	Kebutuhan persatu Kubus Beton (kg)	Kebutuhan 9 Kubus (kg)
W Semen	432.20	1.68	15.10
W Pasir	567.62	2.20	19.83
W Kerikil	1147.2	4.45	40.07
W Air	203.00	0.79	7.09

Tabel IV. Rekap Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5%

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu Kubik Beton (kg)	Kebutuhan persatu Kubus Beton (kg)	Kebutuhan 9 Kubus (kg)
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	404,43	1,57	14,13
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 2,5%	1,02	0,004	0.04
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

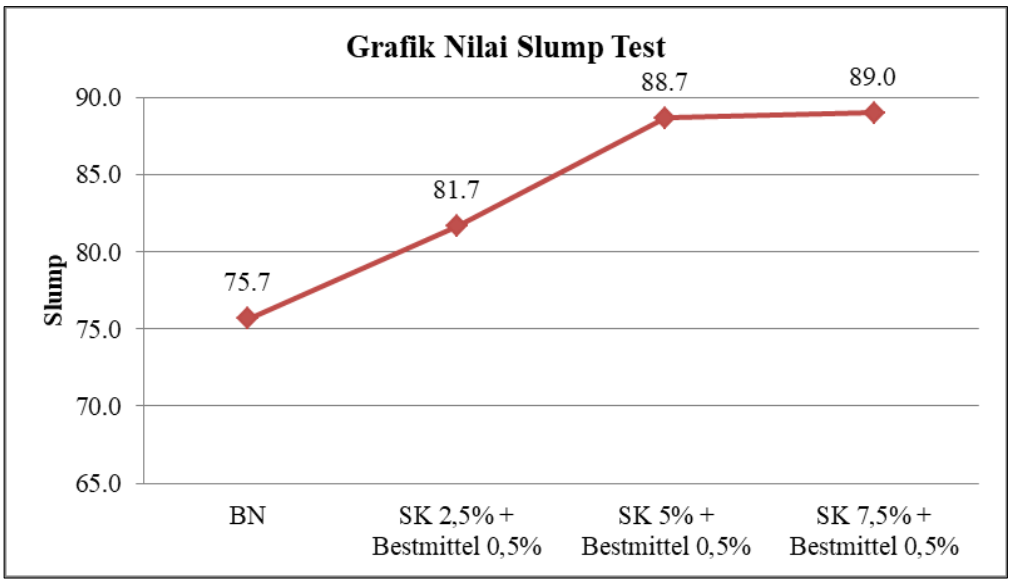
Tabel V. Rekap Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi SK 5% + Bestmittel 0,5%

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu Kubik Beton (kg)	Kebutuhan persatu Kubus Beton (kg)	Kebutuhan 9 Kubus (kg)
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	394,06	1,53	13,77
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 5%	2,04	0,007	0.07
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

Tabel VI. Rekap Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5%

Bahan Material Beton	Kebutuhan persatu Kubik Beton (kg)	Kebutuhan persatu Kubus Beton (kg)	Kebutuhan 9 Kubus (kg)
W Semen	432,20	1,68	15,10
W Pasir	383,69	1,49	13,40
W Kerikil	1147,2	4,45	40,07
W SK 7,5%	3,06	0,01	0.11
W *Bestmittel* 0,5%	2,16	0,01	0,08
W Air	203	0,79	7,09

3.3. Nilai Slump

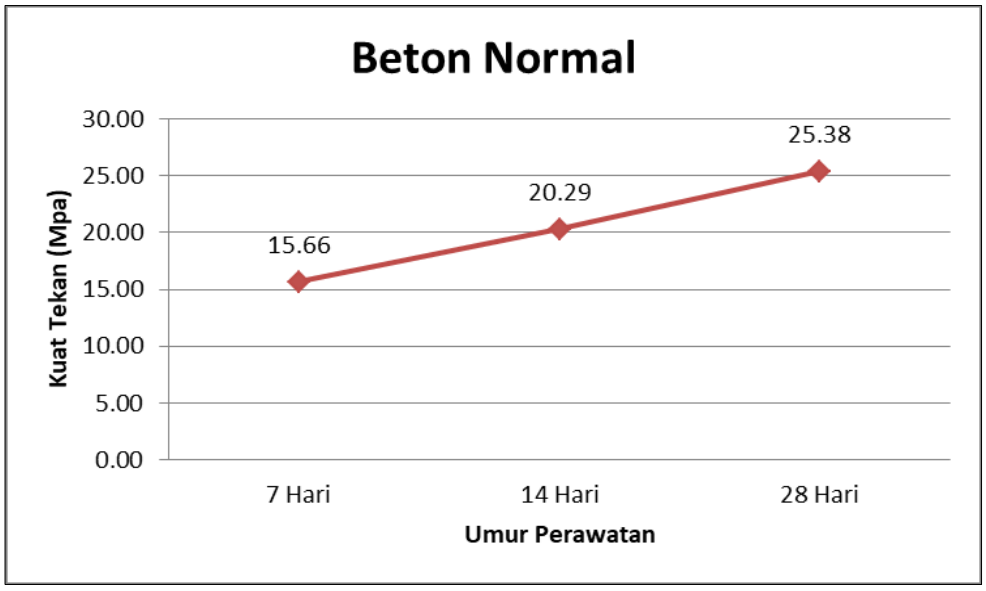


Gambar 1. Perbandingan Nilai Slump Pada Setiap Variasi

Dapat dilihat bahwa pada beton, setiap variasi mengalami kenaikan nilai uji slump. Hal ini disebabkan oleh penambahan bestmittel yang meningkatkan kelecakan dan keenceran adukan beton. Oleh karena itu, saat pembuatan benda uji, peneliti mengurangi jumlah penggunaan air. Setiap sampel variasi serbuk kayu dan bestmittel mengalami peningkatan nilai slump. Untuk variasi BN, nilai slump adalah 75,7 mm; variasi SK 2,5% + Bestmittel 0,5% memiliki nilai slump 81,7 mm; variasi SK 5% + Bestmittel 0,5% memiliki nilai slump 88,7 mm; dan variasi SK 7,5% + Bestmittel 0,5% memiliki nilai slump 89 mm. Ini menunjukkan bahwa setiap sampel variasi dibuat semakin padat karena semakin banyak air yang dikurangi.

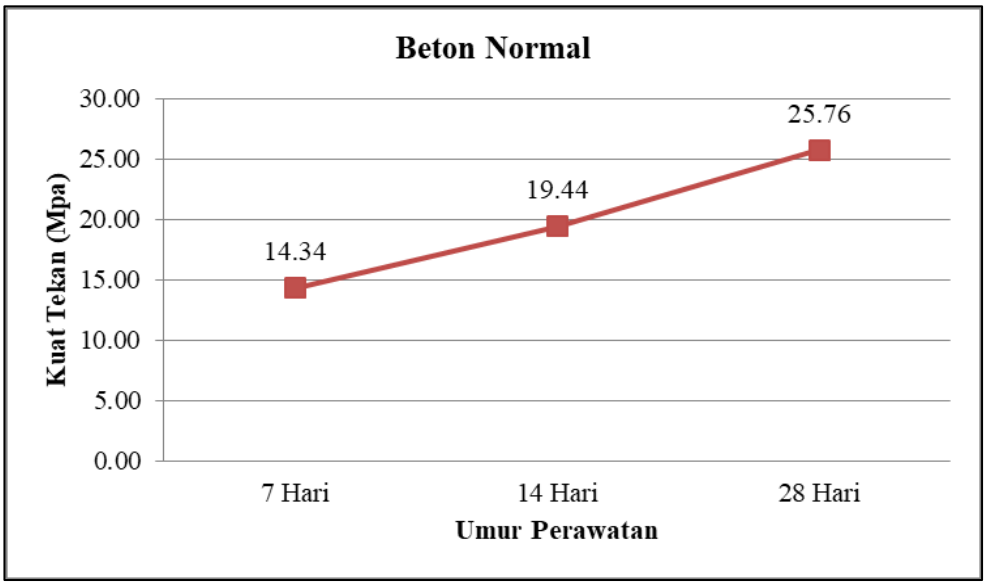
3.4. Kuat Tekan

3.4.1. Beton Normal



Gambar 2. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Silinder

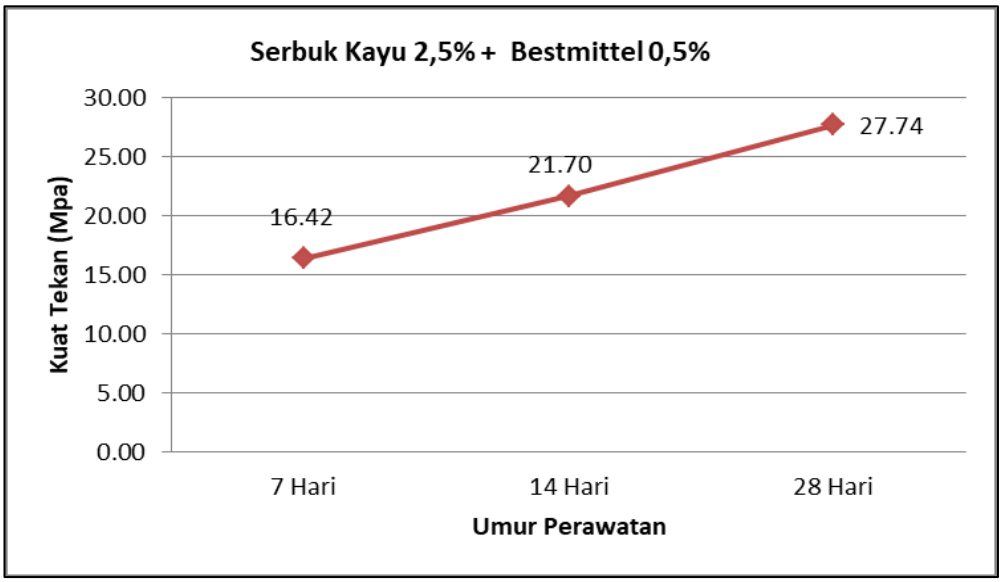
Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,63 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,09 Mpa.



Gambar 3. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Kubus

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 5,10 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 6,32 Mpa.

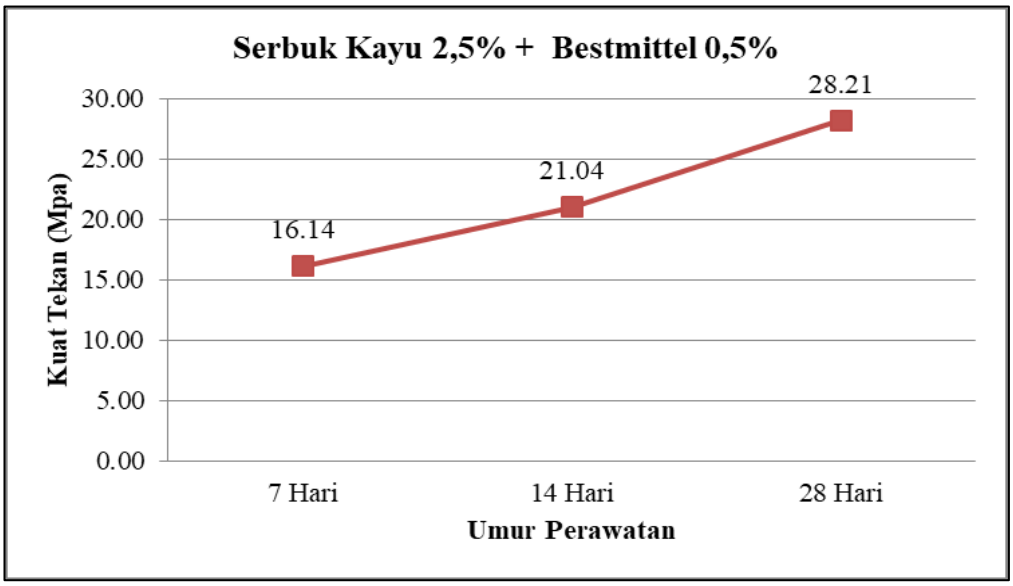
3.4.2. Serbuk Kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%



Gambar 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Variasi Serbuk Kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 2,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton

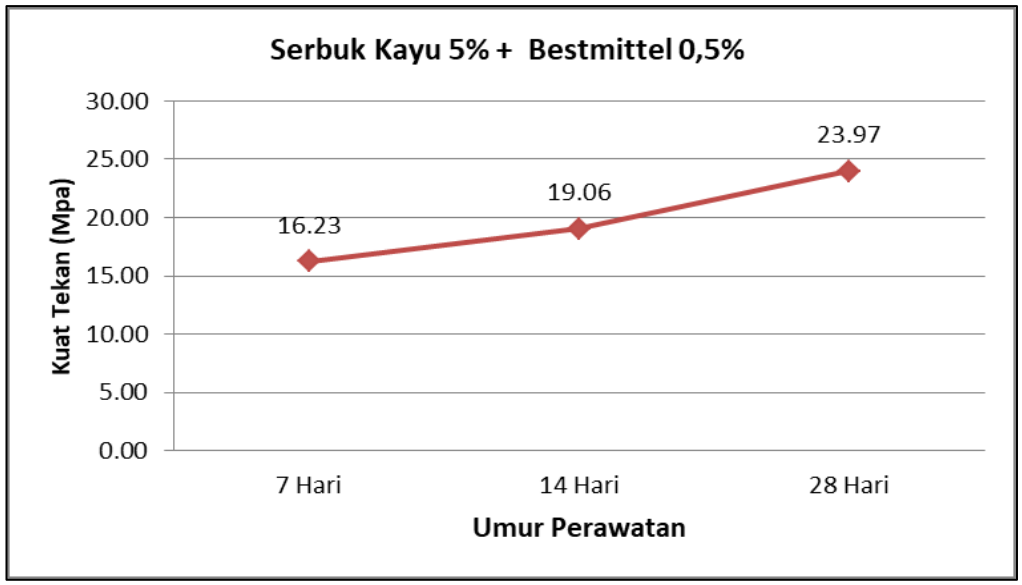
berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 5,28 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 6,04 Mpa.



Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus Variasi Serbuk Kayu 2,5% + Bestmittel 0,5%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 2,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 4,91 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 7,17 Mpa.

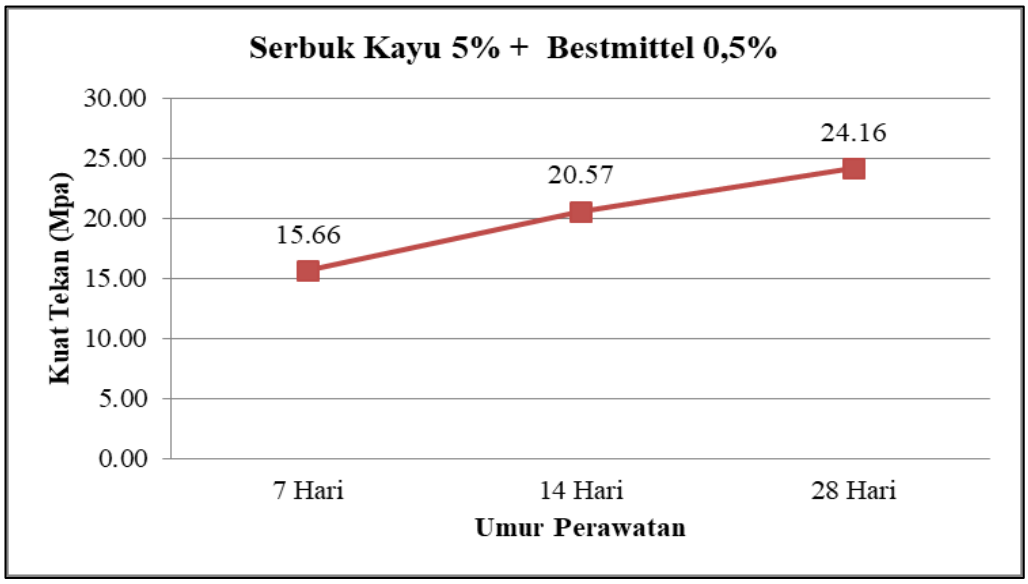
3.4.3. Serbuk Kayu 5% + Bestmittel 0,5%



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Variasi Serbuk Kayu 5% + Bestmittel 0,5%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur

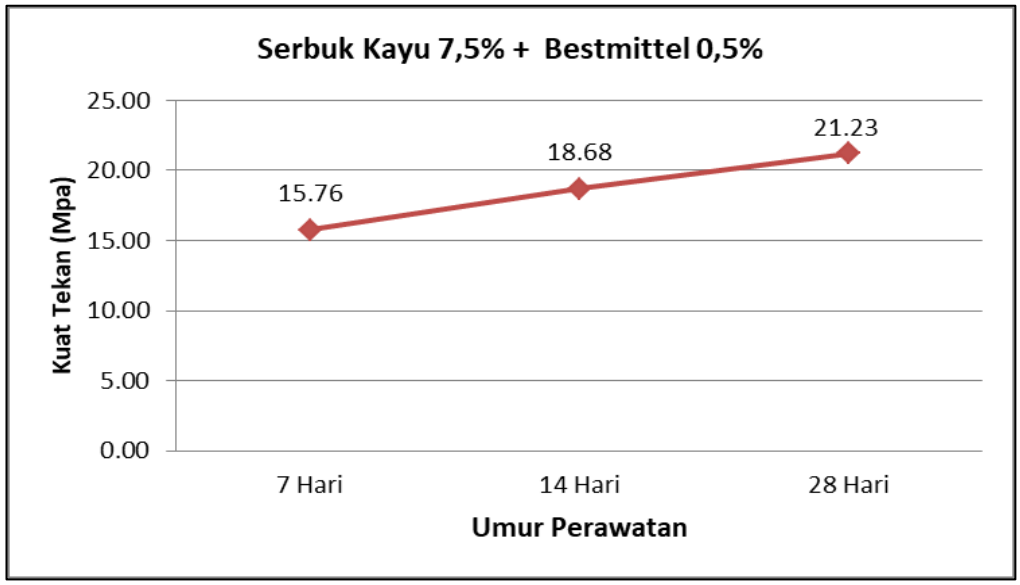
7 hari ke 14 hari sebesar 2,83 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 4,91 Mpa.



Gambar 7. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus Variasi Serbuk Kayu 5% + Bestmittel 0,5%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 4,91 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 3,59 Mpa.

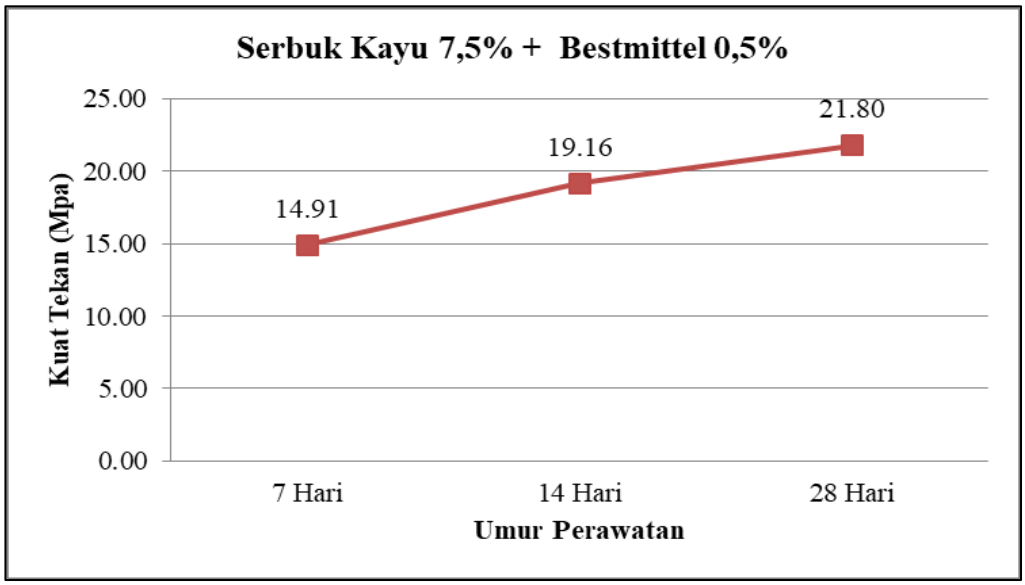
3.4.4. Serbuk Kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%



Gambar 8. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder Variasi Serbuk Kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%

Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 7,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton

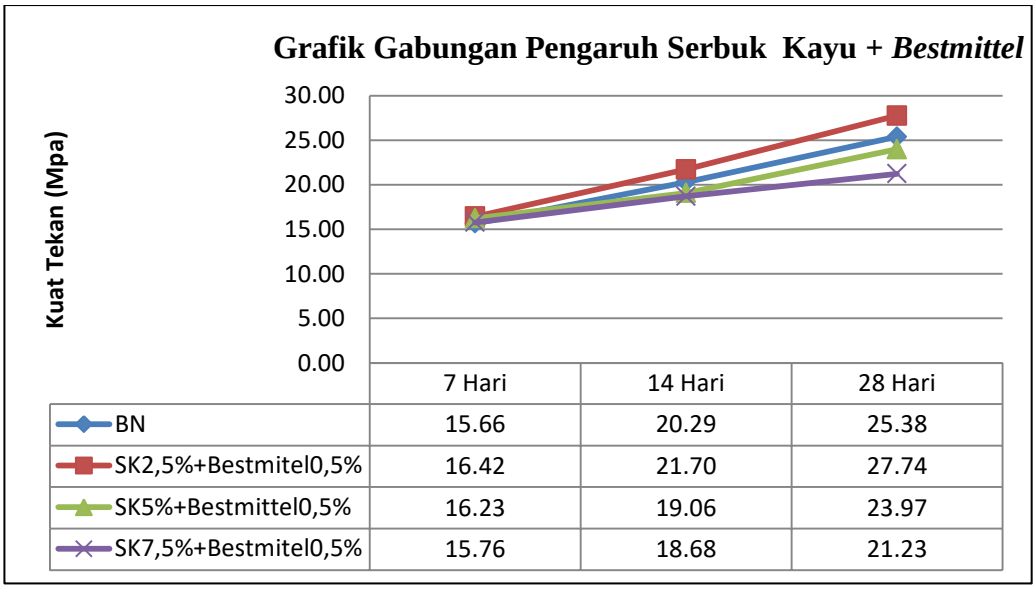
berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 2,93 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,55 Mpa.



Gambar 9. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus Variasi Serbuk Kayu 7,5% + Bestmittel 0,5%

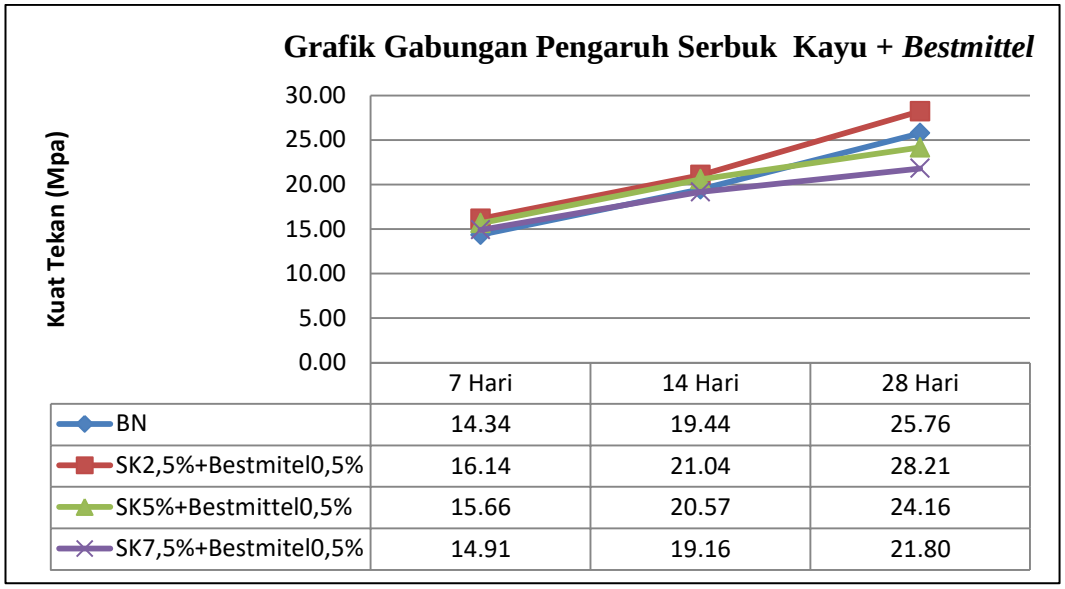
Pada grafik diatas dapat diuraikan penjelasan bahwa kuat tekan beton dengan variasi penambahan 7,5% serbuk kayu + bestmittel 0,5% mengalami peningkatan dari beton berumur 7 hari ke 14 hari sebesar 2,93 Mpa, dan untuk beton berumur 14 hari ke 28 hari meningkat sebesar 2,55 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan serbuk kayu dan bestmittel sebagai campuran beton terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder dan kubus:

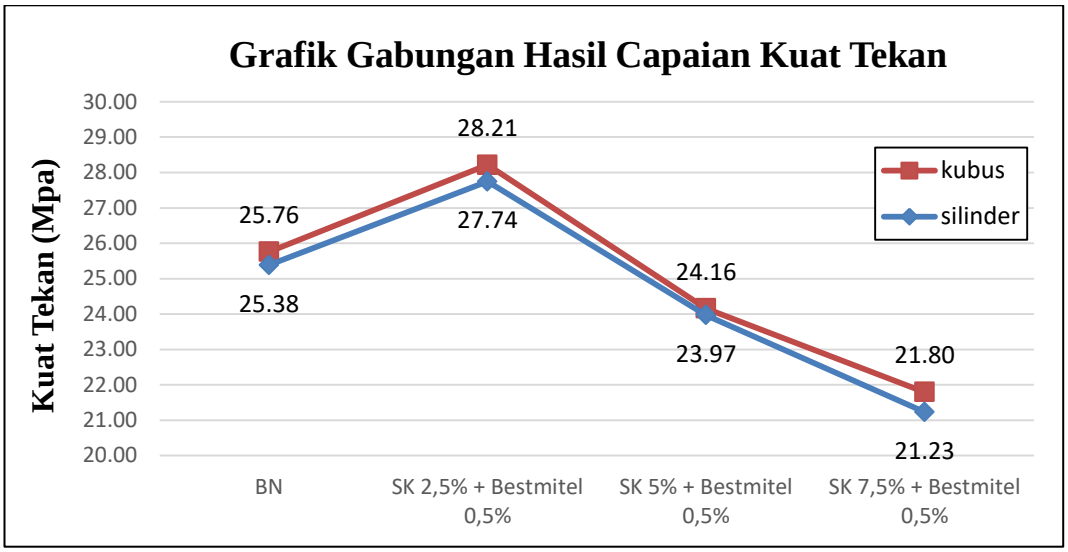


	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	15.66	20.29	25.38
SK2,5%+Bestmitel0,5%	16.42	21.70	27.74
SK5%+Bestmittel0,5%	16.23	19.06	23.97
SK7,5%+Bestmitel0,5%	15.76	18.68	21.23

Gambar 10. Grafik Gabungan Pengaruh SK Dan Bestmittel Pada Beton Silinder



Gambar 11. Grafik Gabungan Pengaruh SK Dan Bestmittel Pada Beton Kubus



Gambar 12. Grafik Gabungan Hasil Capaian Kuat Tekan

Beton normal menunjukkan kuat tekan 25,76 MPa (kubus) dan 25,38 MPa (silinder), sesuai dengan target 25 MPa. Penambahan 2,5% serbuk kayu dan 0,5% bestmittel meningkatkan kuat tekan menjadi 28,21 MPa (kubus) dan 27,74 MPa (silinder). Namun, penambahan serbuk kayu 5% dan 7,5% dengan bestmittel 0,5% menurunkan kuat tekan. Ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dalam jumlah kecil bersama bestmittel meningkatkan kuat tekan beton, sementara penambahan yang lebih banyak justru menurunkannya.

IV. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu dan bestmittel dalam campuran beton mempengaruhi kuat tekan beton. Beton normal memiliki kuat tekan 25,76 MPa (kubus) dan 25,38 MPa (silinder). Penambahan 2,5% serbuk kayu dan 0,5% bestmittel meningkatkan kuat tekan menjadi 28,21 MPa (kubus) dan 27,74 MPa (silinder). Namun, penambahan 5% dan 7,5% serbuk kayu dengan 0,5% bestmittel menurunkan kuat tekan, dengan penurunan terbesar terjadi pada 7,5% serbuk kayu.. 2. Dari hasil penelitian didapatkan, bahwa nilai presentase optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton adalah dengan penggunaan serbuk kayu 2,5% dan penambahan 0,5% bestmittel. Hasil uji

menunjukkan kuat tekan beton kubus dan silinder masing-masing sebesar 28,21 MPa dan 27,74 MPa, dengan perbedaan 2,45 MPa dan 2,36 MPa dari beton normal. Penggunaan serbuk kayu dalam jumlah kecil bersamaan dengan penambahan bestmittel memberikan dampak positif pada kuat tekan beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Parepare yang telah memberikan dukungan moril dalam penelitian ini serta dosen dan keluarga yang selalu memberi semangat dan doa demi kelancaran penelitian ini. Tidak lupa ucapan terima kasih kepada mahasiswa Program Studi Teknik Sipil yang juga ikut terlibat dalam penelitian ini.

REFERENSI

[1] S. N. Indonesia, *SNI 03-2834-2000. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000.

[2] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Ofset, 2006.

[3] K. Tjokrodimuljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Ofset, 2007.

[4] E. Erlina, "Validasi Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kayu Kelapa," *CivETech*, vol. 15, no. 2, pp. 1–10, 2020, doi: 10.47200/civetech.v15i2.718.

[5] Y. Nugraha, H. Prayuda, and F. Saleh, "Pengaruh Variasi Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Zat Adiktif Bestmittel 0,5% YOGA NUGRAHA, HAKAS PRAYUDA, FADILLAWATY SALEH," *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 116–124, 2017.

[6] M. Putri and Romadhan, "Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi dan Serbuk Kayu terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 127–132, 2024.

[7] A. Purwoto and A. K. Garside, "Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk," pp. 1–8, 2021.

[8] I. P. Simanullang, *Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bahan Tambah Bestimittel*. Medan: Universitas Medan Area, 2022.

[9] M. S. Harnawansyah, B. H. Fuady, S. Maharany, and T. Sandora, "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Bestmittelsebagai Zat Aditif Terhadap Kuat Tekan Beton," *Pilar J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 8–13, 2023.

[10] M. A. A. Akmal, *Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Kayu Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta: Universitas Islam Indonesia, 2024.