

Penambahan Abu Arang Kayu Pada Beton Normal untuk Konstruksi Jalan Rigid Pavement

Ade Agum Ihsanu

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: adeagum1998@gmail.com

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 13/09/2019

Direvisi, 15/10/2019

Disetujui, 22/11/2019

Kata Kunci:

Kuat Tekan Beton;

Abu Arang kayu;

Pengganti Semen.

Keywords:

Compressive strength of concrete;

Wood Charcoal Ash;

Cement Replace.

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan perencanaan bangunan. Perkembangan dibidang teknologi beton juga semakin maju, hal ini dapat dilihat dari berbagai penelitian yang dilakukan dengan menggunakan bahan tambah konstruksi beton, bahan tambah pozolan dan abu terbang (fly ash) yang berfungsi sebagai bahan pengganti atau bahan tambah sebagian semen portland. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen terhadap beton normal dengan persentase 0%, 3%, 6%, dan 9%. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton, jika semakin banyak jumlah abu arang kayu yang digunakan maka akan semakin menurun nilai kuat tekannya, dengan hasil uji kuat tekan yaitu 0% = 23,43 MPa, 3% = 24,44 MPa, 6% = 15,46 MPa, dan 9% = 14,76 MPa, dengan mutu beton rencana yaitu f_c 23 MPa, dan kuat tekan optimum didapat pada penambahan abu dengan persentase 3%..

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used construction materials in the implementation of building planning. Developments in the field of concrete technology are also increasingly advanced, this can be seen from various studies carried out using added materials for concrete construction, added materials for pozzolan and fly ash (fly ash) which function as substitutes or added materials for part of portland cement. This study aims to determine the effect of adding wood charcoal ash as a partial replacement of cement to normal concrete with percentages of 0%, 3%, 6%, and 9%. The results of the study showed that the addition of wood charcoal ash as a partial replacement of cement in a normal concrete mixture can affect the value of the compressive strength of concrete, if the more the amount of wood charcoal ash used, the compressive strength value will decrease, with the results of the compressive strength test being 0% = 23.43 MPa, 3% = 24.44 MPa, 6% = 15.46 MPa, and 9% = 14.76 MPa, with the design concrete quality of f_c 23 MPa, and the optimum compressive strength was obtained with the addition of ash with a percentage of 3%..



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Ade Agum Ihsanu

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: adeagum1998@gmail.com

PENDAHULUAN

Pertumbuhan pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi yang semakin berkembang menghasilkan berbagai macam penemuan baru dalam dunia konstruksi. Peningkatan perkembangan dibidang teknologi beton juga semakin maju. Hal ini dapat dilihat dari berbagai penelitian yang dilakukan dengan menggunakan bahan tambah konstruksi beton. Bahan tambah tersebut antara lain bahan kimia tambahan yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan, bahan tambah pozolan dan abu terbang (*fly ash*) yang berfungsi sebagai bahan pengganti atau bahan tambah sebagian semen portland, bahan tambah serat (*fibre*) dari gelas kaca, plastik, baja, dan serat tumbuh-tumbuhan (rami atau ijuk) yang berfungsi untuk menambah kuat tarik beton. Kandungan kimia abu arang kayu seperti yang telah diketahui yaitu mengandung silika yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat agregat yang baik, hal ini sama dengan fungsi semen dalam suatu campuran beton. Banyaknya penggunaan kayu bakar yang digunakan oleh sebagian pengusaha ayam potong dan tempe, tentu akan menyisakan limbah berupa abu dan arang. Banyaknya limbah abu dan arang kayu tersebut yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen pada beton normal. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penambahan abu arang terhadap kuat tekan beton normal dan nilai optimum yang dihasilkan oleh penggunaan campuran abu arang kayu sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan persentase 3%, 6% dan 9%.

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Bahan pengisi Beton diantaranya :

a. Semen (*Portland Cemen*)

Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan atau dipelajari secara baik.

b. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton.

1. **Agregat Halus**, adalah pasir yang didapat dari pelapukan batuan secara alami atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan semua butirnya lolos ayakan 4,75 mm.
2. **Agregat Kasar**, adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut asalnya agregat kasar dibedakan atas 2 macam, yaitu kerikil (dari batuan alam) dan kricak (dari batuan alam yang dipecah).

c. Air

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton.

Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton.

d. Abu Arang Kayu

Abu arang kayu adalah hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran arang kayu. Pada saat arang kayu dibakar akan menghasilkan abu yang berwarna cerah keunguan. Perbedaan pada umur pohon akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap komposisi kimia kayu. Untuk kadar abu, silika, kelarutan dalam NaOH 1% dan air panas, memberikan respon yang berfluktuatif dengan bertambahnya umur tanaman.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perancangan

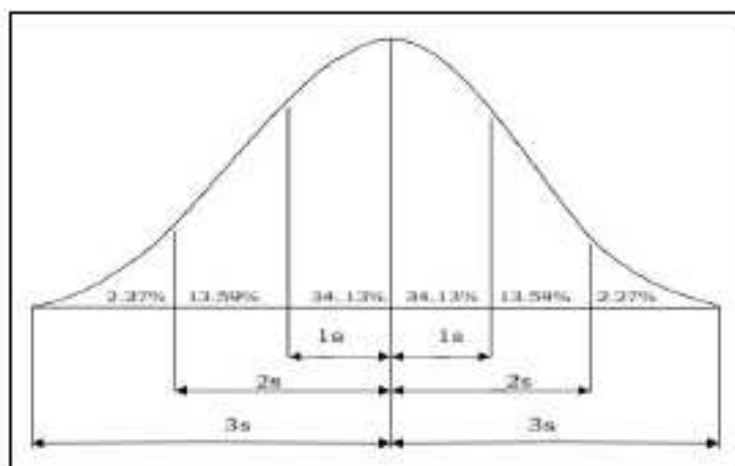
Campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal. Sifat beton pada umumnya yang lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi, dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau dari kuat tekannya saja. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Tabel 1. Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 - K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 - < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 - < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Uji Normalitas Data

Distribusi normal merupakan suatu alat statistic yang sangat penting untuk menaksir dan meramalkan peristiwa-peristiwa yang lebih luas. Suatu data membentuk distribusi normal jika jumlah data di atas dan di bawah mean adalah sama, distribusi normal berupa kurva berbentuk lonceng setangkup yang melebar tak berhingga pada kedua arah positif dan negatifnya. Distribusi normal dipengaruhi oleh dua parameter, yaitu mean dan standar deviasi. Mean menentukan lokasi pusat statistik dan standar deviasi menentukan lebar dari kurva normal



Gambar 1. Kurva Normal

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dengan melakukan suatu percobaan secara langsung. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton normal tanpa bahan tambah, dengan beton normal yang menggunakan abu arang kayu sebagai bahan tambah pengganti sebagian semen. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengujian tersebut, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penggunaan abu arang kayu sebagai bahan tambah pada campuran beton normal.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini menggunakan populasi terbatas, artinya penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa silinder beton berukuran 15 cm x 30 cm berjumlah 30 sampel disetiap persentase benda uji. Dan yang menjadi sampel dalam penelitian ini berbentuk silinder, dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan jumlah 120 sampel, dengan rincian yaitu sebagai berikut :

1. Silinder 15 cm x 30 cm dengan campuran abu arang kayu akasia 0% = 30 buah
2. Silinder 15 cm x 30 cm dengan campuran abu arang kayu akasia 3% = 30 buah
3. Silinder 15 cm x 30 cm dengan campuran abu arang kayu akasia 6% = 30 buah
4. Silinder 15 cm x 30 cm dengan campuran abu arang kayu akasia 9% = 30 buah

Tabel 2. Tabel Variasi dan Umur Benda Uji

Persentase Abu Arang Kayu Akasia (%)	Umur Beton					Jumlah Benda Uji
	3	7	14	21	28	
0%	6	6	6	6	6	30
3%	6	6	6	6	6	30
6%	6	6	6	6	6	30
9%	6	6	6	6	6	30
Total Jumlah Benda Uji						120 buah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam sebuah penelitian, diperlukan proses perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan yang baik dan benar untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan apa yang diharapkan. Mulai dari tahapan awal pengujian bahan hingga perencanaan *mix design* serta pembuatan benda uji harus disesuaikan dengan standar dan referensi yang telah ditetapkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Campuran Beton

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Kehalusan Semen	Maks 22%	4%	Memenuhi
2	Air	SNI 03-2834-2000		Memenuhi
3	Abu Arang Kayu	-	Lolos Saringan 0,075mm	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap semen dan air, menunjukkan bahwa bahan tersebut telah memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus (Pasir Palu)

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Bobot Isi	Min. 1,3 gram/cm ³	1.585 gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis	Min. 2,5	2.651	Memenuhi
3	Penyerapan	0,2% - 2%	1.963%	Memenuhi
4	Kadar Air	Maks. 6%	1.55%	Memenuhi
5	Kadar Lumpur	Maks. 5%	0.936%	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap agregat halus, menunjukkan bahwa bahan tersebut telah memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. Sehingga Pasir tersebut layak digunakan sebagai bahan campuran beton. Mulai dari pemeriksaan bobot isi, berat jenis, penyerapan, kadar air, dan juga kadar lumpur semua pemeriksaan tersebut memenuhi syarat spesifikasi SNI.

Tabel 5. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Batu Palu 1/2")

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Bobot Isi	Min. 1,3 gr/cm ³	1,394 gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis	Min. 2,54	2,721	Memenuhi
3	Penyerapan	0,2% - 4%	1,065 %	Memenuhi
4	Kadar Air	Maks. 1,3%	0,986 %	Memenuhi

5	Abrasi	$\leq 40\%$	17,146 %	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	Maks.1%	1,923 %	Tidak

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap agregat kasar (Batu Palu 1/2"), menunjukkan bahwa bahan tersebut harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan, karena nilai kadar lumpur pada agregat kasar batu 1/2" melebihi spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan yaitu maksimal 1%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar (Batu Palu 2/3")

No	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Bobot Isi	Min. 1,3 gr/cm ³	1,555 gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis	Min. 2,54	2,718	Memenuhi
3	Penyerapan	0,2% - 4%	1,154%	Memenuhi
4	Kadar Air	Maks. 1,3%	0,971%	Memenuhi
5	Abrasi	$\leq 40\%$	20,584%	Memenuhi
6	Kadar Lumpur	Maks. 1%	0,667%	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap agregat kasar (Batu Palu 2/3"), menunjukkan bahwa agregat tersebut memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. Sehingga layak digunakan untuk campuran beton. Pemeriksaan mulai dari bobot isi, berat jenis dan penyerapan, kadar air, abrasi dan kadar lumpur batu palu 2/3".

Tabel 7. Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 3 silinder

Variasi Abu Arang Kayu (AAK)	Kebutuhan Material Setiap Variasi Untuk 3 Silinder					
	Semen (Kg)	Air (Kg)	Batu 1/2 (kg)	Batu 2/3 (kg)	Pasir (kg)	AAK (kg)
0%	9.605	4.592	12.271	11.208	11.883	-
3%	9.317	4.592	12.271	11.208	11.883	0.288
6%	9.029	4.592	12.271	11.208	11.883	0.576
9%	8.741	4.592	12.271	11.208	11.883	0.864
Total	36.692	18.368	49.084	44.832	47.532	1.728

Sumber : Hasil Perhitungan

Pengujian *Slump Test*

Pengujian *slump test* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Pada penelitian ini *slump* rencana sebesar (10 ± 2) cm, dengan menggunakan faktor air semen (fas) = 0,47.

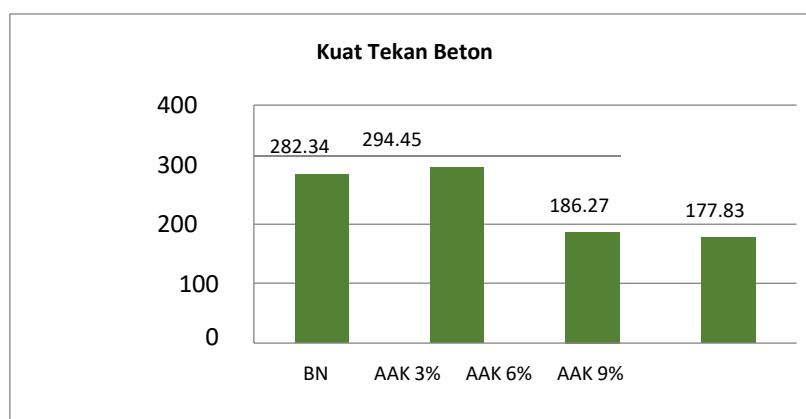
Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil dari uji kuat tekan beton normal sebesar $282,337 \text{ kg/cm}^2$ hasil tersebut memenuhi mutu beton rencana K-275 kg/cm^2 . Pada kuat tekan beton dengan penambahan abu arang kayu sebanyak 3% mengalami peningkatan dari beton normal sehingga menjadi $294,450 \text{ kg/cm}^2$ dan hasil uji kuat tekan tersebut memenuhi kriteria dari kuat tekan yang direncanakan sebesar K-275 kg/cm^2 . Sedangkan untuk campuran abu arang kayu 6% dan abu arang kayu 9% hasil uji kuat tekannya tidak memenuhi syarat mutu rencana sehingga tidak dapat digunakan untuk proyek jalan dengan mutu rencana K-275 kg/cm^2 .

Tabel 4.6 Data Hasil Uji Kuat Tekan

No	Ket.	Jumlah Keseluruhan Kuat Tekan (kg/cm^2)	f_c (MPa)
1	BN	282,337	23
2	AAK 3%	294,450	24
3	AAK 6%	186,272	15
4	AAK 9%	177,828	15
Jumlah Rata-rata		235,222	

Sumber : Hasil Perhitungan

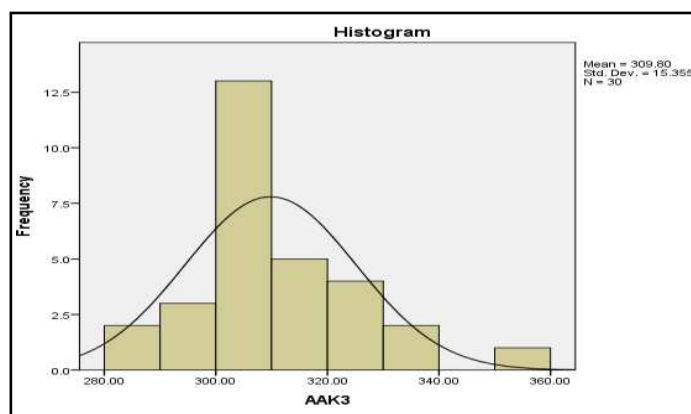


Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton

Dari hasil analisa grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan bahan tambah abu arang kayu dapat digunakan karena memenuhi kriteria mutu yang direncanakan adapun beton normal yang digunakan sebagai pembanding ternyata memiliki kuat tekan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton yang ditambah abu arang kayu dengan persentase 3%. Untuk persentase hasil uji kuat tekan optimum penambahan abu arang kayu hanya pada persentase 3% dengan hasil kuat tekan sebesar 294,45 kg/cm²

Pengujian Normalitas Data

Pengujian normalitas data digunakan untuk menguji data hasil penelitian yang didapatkan, apakah berdistribusi normal atau tidak. Berikut ini hasil perhitungan normalitas data menggunakan distribusi Gauss :



Gambar 3. Grafik Histogram AAK 3%

Penerapan Pada Konstruksi Jalan Rigid Pavement

Hasil dari penelitian uji kuat tekan dengan penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen, menunjukkan bahwa beton tersebut dapat digunakan untuk konstruksi jalan *rigid pavement* dengan persentase penambahan abu arang kayu sebesar 3%, karena memenuhi syarat kuat tekan beton mutu rencana K-275 kg/cm² atau setara dengan mutu beton f'c 23 MPa. Sedangkan untuk penambahan abu sebesar 6% dan 9% tidak memenuhi syarat mutu rencana oleh karena itu yang bisa digunakan yaitu persentase 3%. Pengujian sifat fisis beton dengan campuran abu arang kayu sebesar 3% dengan perbandingan terhadap beton normal yaitu sebagai berikut :

1. Tampak secara visual beton dengan campuran abu arang kayu lebih gelap dibanding dengan beton normal.
2. Berat isi beton segar campuran abu arang kayu dengan persentase 3% lebih ringan jika dibanding dengan beton normal.

Untuk pengujian mekanis campuran abu arang kayu dengan persentase 3% memenuhi syarat mutu beton rencana sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu arang kayu pada campuran beton normal dapat menambah daya ikat semen sebagai pengikat bahan lainnya pada campuran beton. kelebihan dari penggunaan abu arang kayu juga dapat meminimalisir penggunaan semen walaupun hanya sedikit dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah abu sisa hasil pembakaran yang tidak habis terbakar. Adapun faktor-faktor yang

harus diperhatikan jika beton campuran abu arang kayu diterapkan dilapangan sebagai lapis pondasi yaitu sebagai berikut :

1. Abu arang kayu yang digunakan harus berbutir halus untuk mempermudah pencampuran bahan, sehingga didapatkan campuran beton yang homogen. Abu arang kayu yang digunakan sebaiknya abu yang dibakar diatas suhu 300°C , agar abu tersebut menghasilkan kandungan kimia berupa karbon.
2. Bahan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi SNI (gradasi, berat volume dan kadar air, kadar lumpur, kadar butir, dan keausan agregat).
3. Metode pelaksanaan dilapangan harus sesuai dengan spesifikasi teknik agar menghasilkan beton yang sesuai dengan yang diharapkan.
4. Sebaiknya dilakukan pengujian lebih lanjut yaitu pada kuat lentur beton yang menggunakan bahan tambah abu arang kayu jika diterapkan pada proyek jalan berskala besar.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada beton normal dengan penambahan abu arang kayu sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi abu arang kayu sebesar 3%, 6%, dan 9%. Dengan jumlah benda uji 120 silinder ukuran 15 cm x 30 cm, dengan kuat tekan rencana K-275 kg/cm² atau setara dengan f'c 23 MPa diambil kesimpulan bahwa :

1. Penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton, jika semakin banyak jumlah abu arang kayu yang digunakan maka akan semakin menurun nilai kuat tekannya, dengan hasil uji kuat tekan sesuai variasi 3% = 24,44 MPa, 6% = 15,46 MPa, dan 9% = 14,76 MPa. Hasil pengujian tersebut yang dapat diterapkan pada konstruksi jalan *rigid pavement* dengan mutu rencana K-275 kg/cm², adalah campuran beton normal dengan penambahan abu arang kayu sebesar 3% sebagai pengganti sebagian semen. Hal itu dikarenakan hanya persentase 3% yang memenuhi syarat dari mutu beton rencana.
2. Hasil pengujian menyatakan bahwa variasi optimum penambahan abu arang kayu adalah 3% dengan nilai kuat tekan sebesar 294,450 kg/cm² atau setara dengan 24,44 MPa.
3. Perubahan mutu rencana beton menjadi K-275 kg/cm² dilakukan karena pengaruh material bahan campuran beton yang berbutir agak halus dan mengandung lumpur yang mempengaruhi hasil kuat tekan beton normal sehingga tidak mencapai mutu rencana awal K-300 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (1991). *Concretes And Agregate*. ASTM C 117-95. *Pemeriksaan Kadar Lumpur*.
ASTM C 135-95a. *Metode Uji Analisis Ayak Agregat Kasar*.
ASTM C 29M-91a. *Metode Berat Isi Agregat Kasar*. ASTM C 618-86. *Standart Specification for Fly Ash dan Raw or Calcined*.

- Adesambe, M. Onesta. 2009. *Pengaruh Penambahan Abu Arang Terhadap Kuat Tekan Beton. Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Aji, Pujo., Purwono, Rachmat. 2011. *Pemilihan Proporsi Campuran Beton Sesuai ACI, SNI, dan ASTM*. ITS Press, Surabaya.
- G.Nawy, E. (1989:9). *Beton Bertulang*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Kardiyono Tjokrodinuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri
- Petunjuk Praktikum Beton, Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- SK SNI 15-1990-F. (n.d.). *Tata Cara Tentang Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah Untuk Campuran Beton*.
- SNI 2493. (2011). *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*.
- Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990. "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar".
- Standar Nasional Indonesia 03-1969-2008. "Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar".
- Standar Nasional Indonesia 03-1970-2008. "Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus".
- Standar Nasional Indonesia 03-1971-2011. "Metode Pengujian Kadar Air Agregat".
- Standar Nasional Indonesia 03-1972-1990. "Metode Pengujian Slump Beton".
- Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990. "Metode Pengujian Kuat Tekan Beton".
- Standar Nasional Indonesia 03-2495-1991. *Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*. Yayasan LPMB. Bandung.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.