

PENGARUH ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR

Hajatni Hasan*

Abstract

The charcoal of coconut shell is addition material (admixture) who included in material artificial pozzolan. This research have as object to know the pressure strong value mortar on percentage variation charcoal of coconut shell increase as much as 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, and 8 %. The test object who used is cube mortar with size 5 cm x 5 cm x 5 cm. Total of test object to every treatment is 6 objects. with the age of test is 7, 14, 21 and 28 days. From the result of test show the pressure strong value mortar will descending to all of variation increase if these have counterbalance with normal mortar (without addition material)

Keywords: Pressure strong mortar, the charcoal of coconut shell

Abstrak

Arang tempurung kelapa adalah bahan tambahan (*Admixture*) yang termasuk dalam bahan pozzolan buatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan mortar pada persentase variasi penambahan arang tempurung kelapa sebesar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Benda uji yang digunakan adalah kubus mortar dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Jumlah benda uji untuk setiap perlakuan adalah 6 buah dengan umur pengujian 7, 14, 21 dan 28 hari. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai kuat tekan mortar akan menurun untuk semua variasi penambahan jika dibandingkan dengan mortar normal (tanpa bahan tambahan).

Kata kunci: Kuat tekan mortar, arang tempurung kelapa

1. Pendahuluan

Mortar pada umumnya digunakan untuk konstruksi-konstruksi yang menahan beban yang relatif kecil. Misalnya pasangan dinding dan pasangan lantai. Mortar diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, agregat halus (pasir), air dan kadang dengan bahan tambahan yang sangat bervariasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat sampai bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu. Bahan tambahan yang dimaksud dalam tulisan ini adalah arang tempurung kelapa, dimana bahan ini banyak mengandung

silikat (SiO_2) sehingga dapat digolongkan sebagai bahan tambahan mineral (mineral admixture).

Melalui penelitian akan diketahui pengaruh persentase penggunaan bahan arang tempurung kelapa terhadap kuat tekan mortar dengan membandingkan kuat tekan mortar tanpa bahan tambahan dengan nilai slump mortar yang relatif sama ditinjau dari pertambahan umur mortar. Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, dimana pengujian dilakukan pada variasi penambahan 0%; 2%; 4%; 6%; 8 % dan umur rencana 7, 14, 21, dan 28 hari

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

2. Studi Pustaka

2.1 Bahan penyusun mortar

2.1.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah (PUBI, 1982). unsur utama dalam semen ditunjukkan pada Tabel 1.

C_3S dan C_2S merupakan unsur utama yang menempati sekitar 70 % - 80 % dari berat semen, artinya bagian paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 1996).

2.1.2 Agregat Halus (pasir)

Agregat halus (pasir) harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, antara lain (Departemen Penyelidikan Masalah Bangunan, 1979) :

- a. Harus terdiri dari butir-butir yang bersifat kekal
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering).
- c. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak

Gradasi pasir untuk pekerjaan adukan mortar harus sesuai dengan SK SNI S-02-1994-03

2.1.3 Air

Air yang dimaksud harus memenuhi syarat :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak mortar lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.

d. Tidak mengandung senyawa Sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.1.4 Bahan Tambahan

Bahan tambahan (*admixture*) berdasarkan penggolongannya, antara lain (Subakti, 1995) :

- a. *Air Entraining Agent*, yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara
- b. Bahan Tambahan Kimia (*Chemical Admixture*), yaitu bahan tambahan cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan), mereduksi air dan sebagainya.
- c. Bahan Tambahan Mineral (*Mineral Admixture*), Bahan tambahan mineral ini merupakan bahan padat yang dihaluskan, untuk memperbaiki sifat mortar/beton. misalnya bahan tambahan pozzolan, slag, abu terbang (*fly ash*), abu sekam dan silikafume
- d. Bahan Tambahan lainnya (*Miscellaneous Admixture*), misalnya bahan tambahan jenis polimer, fibermash dan lainnya

2.2 Bahan tambah Arang tempurung kelapa

Tiga metode pembuatan arang tempurung kelapa yaitu metode drum, metode lubang dan metode tungku. Metode tungku dapat digunakan untuk memproduksi arang aktif secara komersial, sedangkan metode yang paling sesuai untuk pembuatan arang dengan skala kecil adalah metode drum. Deskripsi pembuatan arang tempurung menurut Blando (1976) dan Sukardiyono (1995) sebagai berikut:

- a. Pilih drum bekas dengan volume 200 liter.

Tabel 1. Komposisi Unsur Utama Semen Portland (Neville, 1975)

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Dikalsium Silikat	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Trikalsium Aluminat	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Tetrakalsium	$4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$	C_4AF

Sumber: Neville, 1975

- b. Buang tutup bagian atas dan lubangi tutup bagian bawah sebanyak 4 buah dengan jarak yang sama, ukuran lubang harus cukup agar memungkinkan masuknya udara.
- c. Tempatkan drum pada dua pipa di atas tanah. Tempurung dibakar di dalam drum, sedikit demi sedikit sampai setinggi permukaan drum, perlu diingat bahwa pembakaran harus berlangsung dengan nyala api kecil.
- d. Setelah itu tutup drum dengan pelepah pisang atau karung yang basah dan lapiasi dengan penutup dari logam dan ditutup rapat.
- e. Biarkan dingin pada malam hari. Dalam pembuatan arang tempurung ini tempurung yang dibutuhkan tidak lebih dari 500°C.

2. 3 Mutu mortar

Mutu mortar sangat ditentukan oleh proporsi campuran yang digunakan. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat kubus mortar berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm yang setelah mencapai umur tertentu akan diuji kuat tekannya. Secara umum adukan mortar dinyatakan sebagai satu bagian semen dan empat bagian pasir. Dimana nilai kuat tekan beton minimal 50 kg/cm atau 5,09 Mpa (Buku Tiga Spesifikasi PU).

2.4 Analisa data pengujian

Analisa hasil pengujian kuat tekan kubus yang diperoleh dilakukan dengan menggunakan Standar Deviasi dengan rumus sebagai berikut (Subakti) :

$$S = \frac{\sqrt{\sum (\sigma_n - \sigma_m)^2}}{n - 1} \dots\dots\dots(1)$$

- dimana : S = Standar deviasi
- σ n = Nilai Kuat tekan masing-masing sampel (kg/cm²)
- σ m = Nilai kuat tekan rata – rata dari seluruh sampel (kg/cm²)
- n = Benda uji

Bila benda uji sebanyak 20 buah, maka harga k = 1,64. Namun bila benda uji kurang dari 20 buah maka k harus diambil dari Tabel 2.

Harga k₁ pelaksanaan yang cukup baik (S_r Tercapai), sehingga mutu kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \sigma_m - k_1 \cdot S_r \dots\dots\dots(2)$$

Dimana S_r adalah standar deviasi rencana.

Tabel 2. Harga Koreksi Standar Deviasi

n	Sr Tercapai	Sr Tak Tercapai
8	1,92	2,38
9	1,87	2,24
10	1,83	2,12
11	1,80	2,04
12	1,77	1,96
13	1,75	1,90
14	1,73	1,85
15	1,71	1,80
16	1,70	1,77
17	1,68	1,73
18	1,65	1,69
19	1,65	1,65
20	1,64	1,64

Sumber: Subakti, 1995

Harga k_2 pelaksanaan yang kurang baik sehingga mutu kuat tekan mortar dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \sigma_m - k_2 \cdot S_r \dots\dots\dots(3)$$

Nilai S_r yang tercapai berkisar antara 40 -100 kg/ cm². Jika nilai S_r tidak tercapai, maka untuk menghitung nilai tekan karakteristik digunakan rumus:

$$\sigma = \sigma_n - k \cdot S \dots\dots\dots(4)$$

Jika benda uji kurang dari 20 buah, maka perlu dibuat faktor koreksi benda uji (lihat tabel 3).

Tabel 3. Harga Koreksi Benda Uji

N	k
8	1,37
9	1,29
10	1,23
11	1,19
12	1,15
13	1,12
14	1,10
15	1,07
16	1,06
17	1,04
18	1,03
19	1,01
20	1,00

Sumber: Subakti, 1995

Dalam Penelitian ini jumlah benda uji sebanyak 6 buah (kurang dari 8 buah), sehingga nilai faktor koreksi standar deviasi dan faktor koreksi benda uji harus diketahui. Dengan menggunakan data-data yang ada, maka nilai koreksi benda uji untuk 6 buah melalui cara extrapolasi diperoleh nilai $k_1 = 1,99$, $k_2 = 2,54$, dan nilai koreksi standar deviasi $k = 1,44$.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan Uji laboratorium pada laboratorium Beton dan Uji Bahan Fakultas Teknik Untad dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

3.1 Menyiapkan bahan

Menyiapkan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji yaitu semen portland, pasir, air dan bahan tambahan arang tempurung kelapa (charcoal of coconut).

3.2 Melakukan pemeriksaan Semen Portland

3.2.1 Pemeriksaan berat jenis semen portland

Adapun prosedur pemeriksaan berat jenis semen Portland dilakukan sebagai berikut:

- a. Botol le Chatelier di isi dengan kerosin sampai antara skala 0 dan 1.
- b. Botol direndam dalam bak air dengan suhu konstan selama ±15 menit untuk menghindari variasi suhu botol lebih besar dari 0,2 °C.
- c. Apabila suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, dibaca skala pada botol (V_1).
- d. Masukkan semen portland kedalam kerosin sedikit demi sedikit, jangan sampai ada yang tertinggal di dinding botol.
- e. Setelah semen di masukkan semua, posisi botol dapat dimiringkan secara perlahan-lahan sampai gelembung udara tidak timbul lagi pada permukaan cairan.
- f. Botol yang berisi benda uji direndam kedalam bak air, setelah suhu konstan, skala pada botol dibaca (V_2)

$$BJ_{SEMEN} = \frac{BeratSemen}{(V_2 - V_2)} \times d \dots\dots(5)$$

Catatan : Berat jenis Semen Portland sekitar 3,15

3.2.2 Pemeriksaan kehalusan semen portland

- Prosedur pengujian
 - a. Benda uji semen sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam saringan dengan urutan No.100, No.200, PAN
 - b. Saringan diguncang selama kurang lebih 15 menit dengan memperhatikan partikel yang keluar dari saringan atau pan dikembalikan ke dalam saringan.

- c. Benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan ditimbang dengan neraca berkapasitas maksimum 3000 gram dan dengan ketelitian 0,1 gram dari berat contoh.

Catatan : Benda uji memenuhi syarat kehalusan apabila 0 % tertahan diatas saringan No.100 dan maksimum 22 % tertahan diatas saringan No.200.

- d. Modulus kehalusan dihitung dengan rumus:

$$F = \frac{A}{B} \cdot X \cdot 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

F = Modulus kehalusan

A = Berat benda uji yang tertahan di atas saringan No.100 dan No.200.

B = Berat benda uji semula.

3.2.3 Pemeriksaan waktu pengikatan permulaan dengan menggunakan alat Vicat

Prosedur pengujian sebagai berikut :

- a. Air dimasukkan ke dalam mangkuk pengaduk, dan kemudian masukkan pula semen sebanyak 300 gram .Lalu diadukan selama 30 detik.
- b. Setelah didiamkan, aduk semen dan air hingga tercampur rata
- c. Setelah tercampur rata, dibuat bentuk bola dengan tangan, kemudian dilemparkan daritangan satu ke tangan yang lain dengan jarak lemparan kurang dari 15 cm.
- d. Bola tersebut ditekan ke dalam cincin konik hingga penuh dengan adukan, kemudian diratakan. Lalu didiamkan selama 60 detik
- e. Setelah 60 detik, letakkan cincin konik dibawah jarum kecil vicat.
- f. Jatuhkan jarum setiap 15 menit sampai penurunan dibawah 25 mm, setiap menjatuhkan jarum, catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik. Jarak antara titik-titik setiap menjatuhkan jarum adalah minimal 6 mm dan jarak titik dari pinggir cincin konik minimal 1 cm.
- g. Sebelum melakukan uji vicat sebaiknya kondisi adukan (pasta)

harus sesuai dan ditentukan dengan cara :

- Pasta dibuat bentuk bola dengan tangan. Setelah diratakan diletakkan di bawah jarum besar vicat.
- Jatuhkan jarum dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
- Pengujian ini merupakan penentuan kenormalan adukan pasta semen portland.
- Kenormalan adukan (pasta) dapat diketahui jika terdapat penurunan (10 ± 1) mm.
- Waktu pengikatan permulaan paling cepat 45 menit dan paling lambat 10 jam.

3.3 Pemeriksaan agregat halus

3.3.1 Pemeriksaan analisa saringan

- Prosedur pemeriksaan
- a. Benda uji pasir (pasir sungai Palu) dikeringkan dalam oven sampai beratnya tetap selama ± 24 jam. Benda uji yang telah dikeringkan dalam oven didinginkan, kemudian dimasukkan kedalam 1 (satu) set saringan yang disusun menurut ukuran saringan.
- b. Satu set saringan diguncang dengan Sieve Shaker selama ± 15 menit.
- c. Masing-masing benda uji yang tertahan pada setiap saringan ditimbang dengan neraca untuk menentukan prosentasenya.
- d. Melakukan Perhitungan Persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji tersebut.

3.3.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus Prosedur pengujian

- a. Benda uji pasir lewat saringan No 4 dikeringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap atau selama ± 24 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu ruang, kemudian direndam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Air perendam dibuang dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran

yang hilang. Kemudian tebarkan pasir tersebut di atas talam dan keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan pasir sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

c. Keadaan kering permukaan jenuh diperiksa dengan memasukkan benda uji kedalam kerucut terpancung dalam tiga lapis. Setiap lapisan ditumbuk dengan tongkat pemadat sebanyak 8 (delapan) kali, kemudian kerucut terpancung diangkat. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi sebagian masih dalam keadaan tercetak.

d. Setelah kering permukaan jenuh tercapai, dimasukkan 500 gram pasir tersebut ke dalam piknometer dan tambahkan air sampai 90% isi piknometer. Kemudian diputar-putar sambil diguncangkan sehingga tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat dilakukan dengan memanaskan piknometer.

e. Piknometer direndam kedalam air dan suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25 °C.

f. Kemudian ditambahkan air sampai tanda batas pada piknometer. Lalu piknometer berisi air dan pasir ditimbang sampai ketelitian 0.1 gram (Bt).

g. Kemudian tambahkan lagi air ke dalam piknometer sampai penuh, lalu timbang (B)

h. Benda uji dikeluarkan dari piknometer dan dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) ° C sampai berat tetap atau selama ± 24 jam, lalu dinginkan. Setelah benda uji dingin, kemudian benda uji ditimbang.(Bk).

h. Perhitungan

- Berat jenis (Bulk specific gravity)=

$$\frac{BK}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(7)$$

- Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) =

$$= \frac{BK}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(8)$$

- Berat jenis semu (apparent specific gravity)

$$= \frac{BK}{B + Bk - Bt} \dots\dots\dots(9)$$

- Penyerapan

$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bt = berat piknometer yang berisi benda uji dan air (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

500 = berat benda uji keadaan kering permukaan jenuh.

3.3.3 Pemeriksaan berat isi agregat halus

✓ Prosedur pengujian

a. Berat isi lepas

- Mold ditimbang (W₁) dan diukur volumenya (V₁).
- Masukkan benda uji yang lolos saringan No.4 kedalam mold sampai penuh dengan menggunakan sekop dengan cara dicurahkan dari ketinggian 20 – 30 cm, lalu diratakan dengan mistar perata.
- Mold yang berisi benda uji ditimbang (W₂).

b. Berat isi padat

- Mold ditimbang (W₁) dan diukur volumenya (V₁).
- Masukkan benda uji kedalam mold dengan tiga lapisan yang masing-masing dipadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali. Setelah itu diratakan dengan mistar perata.
- Mold yang berisi benda uji ditimbang (W₂).

c. Perhitungan.

Untuk mengetahui berat isi gembur dan padat agregat, digunakan rumus berikut :

Berat isi padat dan lepas =

$$= \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots(11)$$

- 3.3.4 Pemeriksaan kotoran organik
- Prosedur pengujian
 - a. Benda uji pasir 115 ml (± 1/3 isi botol) dimasukkan kedalam botol, setelah itu ditambahkan larutan NaOH 3%, dikocok isinya dan isinya harus mencapai 2/3 isi botol.
 - b. Botol ditutup lalu dibiarkan selama 24 jam.
 - c. Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar.

- 3.3.5 Pemeriksaan kandungan lumpur/ bahan lewat saringan No.200
- Prosedur percobaan
 - a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W₂).
 - b. Benda uji dikeringkan dalam oven sampai beratnya tetap, lalu timbang berat wadah beserta berat kering benda uji sebelum dicuci.
 - c. Menghitung berat kering benda uji sebelum dicuci (W₁).
 - d. Benda uji kering oven dimasukkan kedalam wadah dan diberi air secukupnya sehingga benda uji terendam.
 - e. Mengguncang-guncangkan wadah dan menuangkan air kedalam susunan saringan No. 16 dan No. 200, diusahakan bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
 - f. Pekerjaan di atas diulang-ulang sampai air bekas cucian menjadi jernih.

- g. Semua bahan yang tertahan saringan No. 16 dan No. 200, dikembalikan kedalam wadah dan dikeringkan dalam oven sampai beratnya tetap.
- h. Setelah kering, timbang dan catat beratnya (W₃).
- i. Menghitung berat benda uji kering oven setelah dicuci (W₄ = W₃ - W₂).
- j. Perhitungan

Jumlah bahan lewat saringan no.200:

$$= \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

Dimana : W₁ = Berat benda uji semula (gram).
 W₄ = Berat bahan tertahan saringan No. 200 (gram).

3.4 Pemeriksaan air
 Pemeriksaan kimia air dilakukan di laboratorium kesehatan tingkat I Sul-Teng. Sample air yang digunakan diambil dari laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan sulfat, Chlorida, Mangan, Seng, Natrium dan Kalium. Pemeriksaan fisik secara visual seperti rasa, bau dan warna.

3.5 Pembuatan dan pengujian Kuat tekan benda uji
 3.5.1 Komposisi campuran
 Komposisi adukan mortar adalah satu berbanding empat (1 : 4). Satu bagian yaitu Arang Tempurung Kelapa yang akan dipresentasikan terhadap berat semen. Variasi penggunaan bahan tambahan (*admixture*) Arang Tempurung Kelapa adalah 0%; 2%; 4%; 6%; 8 %. Rencana pembuatan sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana Pembuatan Sampel

No	Umur sampel (HARI)	Perbandingan Campuran	Presentase Bahan Tambahan Arang Tempurung Kelapa				
			0%	2%	4%	6%	8%
1.	7	1 : 4	6	6	6	6	6
2.	14	1 : 4	6	6	6	6	6
3.	21	1 : 4	6	6	6	6	6
4.	28	1 : 4	6	6	6	6	6
Jumlah			24	24	24	24	24

Keterangan: Total jumlah benda uji adalah 120 buah

Contoh perhitungan Komposisi campuran 1 : 4 adalah sebagai berikut:

- 1 bagian semen : 4 bagian pasir
- 500 gr semen : 2000 gr pasir

Untuk pemakaian bahan tambahan 1%:
= 1 %. 500 gr = 5 gr

Jadi pemakaian bahan untuk 1 % Arang Tempurung Kelapa adalah 495 gr semen, 2000 gr pasir, 5 gr Arang Tempurung Kelapa. Pemakaian air disesuaikan dengan kebutuhan.

3.5.2 Pembuatan benda uji

- Prosedur percobaan
 - a. Pasir dan semen ditimbang dengan perencanaan campuran yang dibuat sebelumnya.
 - b. Pasir dan semen dimasukkan kedalam mangkok pengaduk lalu kedua bahan tersebut diaduk hingga merata dengan menggunakan mixer.
 - c. Bahan tambahan Arang Tempurung Kelapa dimasukkan sesuai dengan persentase yang direncanakan.
 - d. Air dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam mangkok yang berisi campuran pasir, semen dan Arang Tempurung Kelapa, diaduk hingga merata dan homogen.
 - e. Untuk mengetahui jumlah air yang tepat adalah dengan melakukan pengujian meja sebar, dengan cara sebagai berikut :
 - Meletakkan cincin leleh diatas meja leleh, lalu diisi dengan mortar dengan dua lapisan, setiap lapis dipadatkan 25 kali dengan alat pemadat.
 - Setelah permukaan atas mortar diratakan, cincin diangkat pelan-pelan, kemudian meja leleh digetarkan sebanyak 25 kali selama 15 detik dengan tinggi jatuh ½ inchi.
 - Mengukur diameter mortar diatas meja leleh minimal pada empat tempat berlainan, lalu dihitung diameter rata-rata (dr).
 - Diameter rata-rata (dr) sekitar 1,00 – 1,15 kali diameter semula (ds). Jika belum tercapai, maka pekerjaan mencampur diulangi dengan variasi kadar air yang berbeda.

- Setelah tercapai diameter rata-rata (dr) pada 1,00 – 1,15 kali dari diameter semula (ds) maka dilakukan pencetakan.

f. Adukan dimasukkan kedalam cetakan dengan dua lapis dan setiap lapisan di padatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 32 kali tumbukan.

3.5.3 Pengujian Kuat Tekan

Umur pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. dengan proses pengujian sebagai berikut :

- a. Mengangkat benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaannya dikering udarkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian.
- b. Menimbang benda uji dan berat benda uji dicatat.
- c. Meletakkan benda uji pada mesin penekan, benda uji itu ditekan dengan menambahkan gaya tekan sampai benda uji itu pecah atau hancur. Pada saat pecah besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja dicatat.

3.5.4 Perhitungan

Untuk menghitung berat isi dan kuat tekan benda uji digunakan persamaan :

- Berat isi mortar (γ_k):

$$\gamma_k = \frac{B_k}{V_k}$$

Dimana, B_k = berat benda uji (gram)

γ_k = berat isi mortar (gram/cm²)

V_k = Volume benda uji (cm²)

- Kuat Tekan mortar (σ):

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: σ = kekuatan tekan mortar (kg/cm²)

P = gaya tekan maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian bahan

4.1.1 Semen portland

- Pemeriksaan Berat jenis Semen Portland

Dari hasil pemeriksaan berat jenis semen, diketahui bahwa berat jenis semen (Tonasa) adalah 3,11. Sedangkan berat jenis semen sesuai dengan yang disyaratkan berkisar pada 3,15. Berat jenis semen secara tidak langsung dapat memberikan gambaran mengenai mutu semen. Berat jenis yang tinggi menggambarkan mutu semen yang tinggi.

- Pemeriksaan kehalusan semen

Dari hasil pemeriksaan kehalusan semen diperoleh 0 % tertahan di atas saringan No. 100, dan 6,05 % yang tertahan di atas saringan No. 200. Dengan demikian persentase berat semen yang lolos saringan No. 200 adalah 93,95 %. Sedangkan syarat kehalusan semen adalah 0 % tertahan saringan No. 100 dan maksimum 22 % tertahan saringan No. 200. Sehingga dapat dikatakan semen yang digunakan memenuhi syarat kehalusan.

- Pemeriksaan konsistensi normal semen portland

Dari hasil pemeriksaan diketahui bahwa konsistensi normal semen tonasa yang digunakan pada penelitian ini

tercapai pada pemberian air sebesar 22,5 % terhadap berat semen yang digunakan, dengan penurunan jarum vicat sebesar 10 mm dalam waktu 30 detik. Untuk pemeriksaan waktu pengikatan awal selama 120 menit, menurut standar industri Indonesia (SII) 0013 - 1981, persyaratan waktu pengikatan awal untuk semen portland tipe I harus berlangsung dalam waktu tidak boleh kurang dari 45 menit dan pengikatan akhir adalah kurang dari 8 jam. Dengan demikian semen portland tipe I dengan merek dagang tonasa yang digunakan memenuhi syarat.

4.1.2 Agregat halus (pasir)

Hasil pengujian mutu pasir yang dilakukan di laboratorium sebagai berikut:

- Analisa saringan, dimana pengujian dilakukan dua kali dan diperoleh distribusi ukuran butiran pada tabel 5.
- Berat jenis penyerapan

Hasil pemeriksaan Berat jenis penyerapan ditabelkan pada Tabel 6.

Dari hasil pemeriksaan maka agregat dapat digolongkan dalam agregat normal,. Penyerapan air untuk agregat halus adalah 1,12 % pada agregat normal. Kemampuan penyerapan air sekitar 1 % sampai 2 % saja.

Tabel 5. Distribusi ukuran butiran pasir sungai Palu

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Sampel I (% Lolos)	Sampel II (% Lolos)	Spesifikasi (%)
No. 4	4,75	100	100	100
No. 8	2,36	99,41	99,32	95 - 100
No. 16	1,18	90,51	90,26	70 - 100
No. 30	0,60	66,88	66,17	40 - 75
No. 50	0,30	31,73	31,30	10 - 35
No. 100	0,15	0,74	0,78	2 - 15

Tabel 6. Berat jenis dan penyerapan

	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Spesifikasi
Berat jenis bulk (Bj. ov)	2,51	2,56	2,53	Agregat
Berat jenis bulk SSD (Bj. SSD)	2,54	2,58	2,56	normal
Berat jenis semu (Bj. App)	2,59	2,62	2,61	berat jenis
Penyerapan air	1,32	0,93	1,12	2,5 - 2,7

Tabel 7. Berat isi pasir

	Sampel I	Sampel II	Sampel III	Rata – rata	Spesifikasi
Berat isi lepas / Gembur (gr/cm ³)	1,575	1,566	1,564	1,568	Minimum 1,2
Berat isi padat (gr/cm ³)	1,667	1,754	1,653	1.691	(gr/cm ³)

Tabel 8. Senyawa kimia yang terkandung dalam air

Senyawa Kimia	Terkandung dalam air (gr/ltr)	Standar maksimum untuk campuran mortar (gr/ltr)
Clorida	0,0649	0,5
Sulfat	0,2000	1,0
Mangan	Tak terdeteksi	-
Seng	0,00017	1,5
Natrium	0,1136	1,5
Kalium	0,003205	1,5

Sumber: Eriady Payangan, 2003

- Berat Isi

Hasil pengujian Berat isi Pasir disajikan pada Tabel 7.

Hasil dari pemeriksaan diperoleh nilai berat isi padat 1,691 gr/cm² > berat isi gembu 1,568 gr/cm². Hal ini disebabkan rongga pada agregat padat lebih kecil dari pada rongga pada agregat gembur.

- Kotoran organik

Hasil pemeriksaan kotoran organik pada pasir menunjukkan warna yang lebih muda dari standar No. 1, sehingga pasir ini dapat langsung digunakan. Jika hasil pemeriksaan menghasilkan warna yang lebih tua dari warna standar (misalnya warna no. 3) berarti agregat halus mempunyai kandungan organik cukup tinggi berupa bahan-bahan yang telah membusuk seperti humus atau tanah yang mengandung bahan organik.

- Bahan lolos saringan No. 200 / Kadar lumpur.

Hasil pemeriksaan kadar lumpur adalah 0,38%. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, karena jika lebih maka dapat mengurangi ikatan yang dibentuk oleh semen, melemahkan ikatan antara partikel – partikel agregat halus, sehingga dapat menurunkan nilai kuat tekannya. Apabila kadar lumpur lebih besar dari nilai yang diizinkan (5 %)

maka agregat tersebut harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

4.1.3 Air

Hasil pemeriksaan senyawa kimia pada air disajikan dalam Tabel 8.

Hasil pemeriksaan kandungan kimia air adalah : mengandung chlorida (0,0649 gr/ltr) dan sulfat (0,2 gr/ltr). Syarat air yang digunakan tidak boleh mengandung chlorida lebih dari 0,5 gr/ltr dan sulfat lebih dari 1 gr/ltr. Dengan demikian air yang digunakan memenuhi syarat untuk bahan campuran mortar

4.2 Arang tempurung kelapa

Hasil pengujian yang telah dilakukan dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Arang tempurung kelapa ini memiliki berat jenis 0,5 gram/cm³ (sumber: Rahmadi, 2004) dan komposisi campuran seperti yang ditunjukkan pada table 9.

Tabel 9. Komposisi Kimia Arang tempurung Kelapa

Komponen	Kadar
K ₂ O	45,01
Na ₂ O	15,42
CaO	6,26
MgO	1,32
Fe ₂ O ₃ dan Al ₂ O ₃	1,39
P ₂ O ₃	4,64
SO ₃	5,75
SiO ₂	4,64

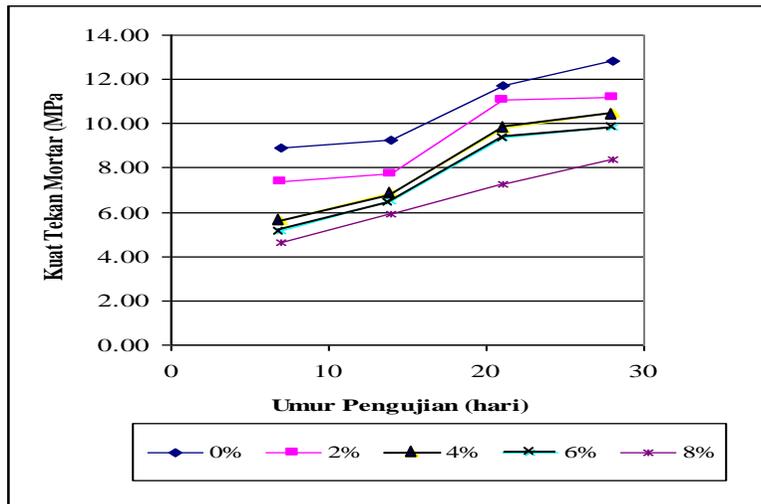
Sumber : Muh. Alwi, 1998

4.3 Kuat Tekan Mortar

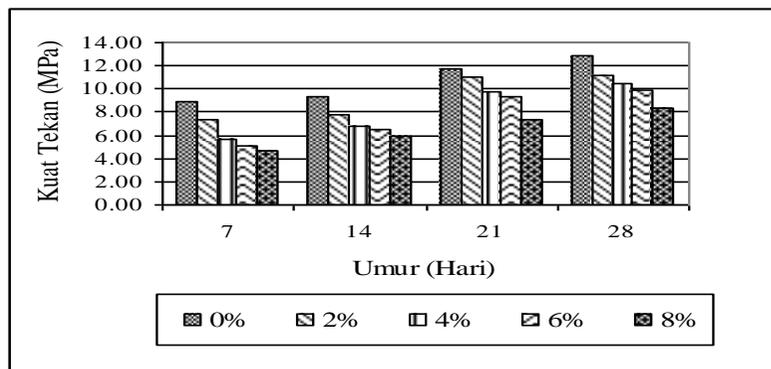
Hasil pengujian kuat tekan digambarkan dalam bentuk grafik (Gambar 1), dimana terlihat nilai kuat tekan berdasarkan umur pengujian, dan variasi pemakaian arang tempurung kelapa.

Untuk hasil pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada gambar 1 sampai gambar 3. Penambahan kuat tekan terhadap umur pengujian mortar tanpa pemakaian arang tempurung kelapa memiliki laju kenaikan kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan mortar dengan pemakaian arang tempurung kelapa. Hal ini disebabkan

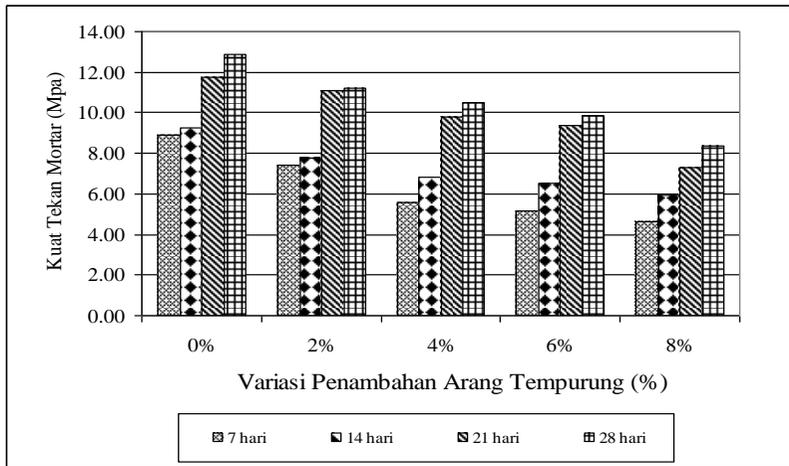
oleh proses hidrasi semen yang berlangsung pada mortar tanpa arang tempurung lebih cepat dari pada mortar dengan arang tempurung kelapa. Dimana pemakaian arang tempurung kelapa yang digunakan sebagai pozolan pada campuran mortar akan mengakibatkan lambatnya waktu setting sehingga laju kekuatannya rendah karena proses sementasinya yang secara bertahap. Akan tetapi nilai kuat tekannya masih di atas nilai kuat tekan minimum mortar yakni 50 kg/cm^2 atau $4,91 \text{ Mpa}$.



Gambar 1. Hubungan Kuat Tekan Kubus Mortar Dengan Umur Pengujian Untuk Presentase Penggunaan Arang Tempurung Kelapa 0% - 8%



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Umur Pengujian Terhadap kuat Tekan Mortar



Gambar 3. Grafik Hubungan antara kuat tekan Mortar terhadap Persentase Penambahan arang tempurung kelapa

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan kubus mortar, diketahui bahwa untuk perbandingan campuran material satu banding empat, dimana pengurangan jumlah semen akibat pemakaian arang tempurung kelapa, menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dari kubus mortar tanpa pemakaian arang tempurung kelapa. Dengan demikian penggunaan arang tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen tidak dapat memberikan efisiensi pemakaian semen yang lebih baik. Selain itu menghasilkan mortar berwarna keabu-abuan.

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan di laboratorium serta analisa data, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan arang tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen di dalam adukan campuran mortar tidak dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap mutu mortar karena kekuatannya lebih rendah (11,19 Mpa) dibandingkan dengan mortar tanpa arang tempurung kelapa (12,85 Mpa).

- Kuat tekan mortar dengan penggunaan arang tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan kuat tekan di atas nilai kuat tekan minimum (4,91 Mpa).
- Penggunaan arang tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan mortar yang berwarna keabu-abuan.
- Pemakaian arang tempurung kelapa sebagai bahan pozolan dalam adukan mortar tidak memberikan nilai efisiensi pemakaian semen yang lebih baik.

5.2 Saran

- Untuk lebih mengetahui pengaruh arang tempurung kelapa terhadap mutu mortar, diperlukan penelitian lebih lanjut tentang *durability* dan *workability* dari mortar dengan penggunaan arang tempurung kelapa dalam adukannya.
- Untuk hasil penelitian yang lebih akurat sebaiknya jumlah benda uji sebanyak minimal 20 buah.

6. Daftar Pustaka

Aman Subakti, 1995, *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya,

- Anonim, Buku 3 Spesifikasi PU, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Departemen PU, SK SNI M-III-1990-03, Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta.
- Departemen PU, SK SNI S-02-1994-03, Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen. Jakarta.
- H. F. W. Taylor, 1997, *Cement Chemistry*, 2 Edition. Kardiyanto
- Tjokrodimulyo, 1996, *Teknologi Beton*. Nafiri, Jakarta.
- Muhammad Alwi, 1998, *Pembuatan Dan Karakteristik Arang Aktif Dari Campuran Arang Kayu Dan Arang Tempurung Kelapa*.
- Niville, A. M., 1987, *Properties Of Concrete*, 3 Edition, Language Buck Society and Pitman, London.
- P. Suhardiman, *Kelapa*, Seri Pertanian.
- Parno. S, 1993 / 1994. *Pedoman Percobaan Laboratorium Beton*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.