

**STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN ANTARA KUAT  
TEKAN DAN UPV MORTAR ABU TERBANG**

***EXPERIMENTAL STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN  
COMPRESSIVE STRENGTH AND UPV OF FLY ASH MORTAR***

**Disusun dan diajukan oleh:**

**GRACE MILKA ARISOY  
D011 17 1701**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN UPV MORTAR ABU TERBANG

Disusun dan diajukan oleh

**GRACE MILKA ARISOY**  
**D011171701**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 31 Juli 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng  
NIP 196805292002121002

Pembimbing Pendamping,



Dr.Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST, M.Eng  
NIP 198604092019043001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng  
NIP 196805292002121002



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Grace Milka Arisoy  
NIM : D011 17 1701  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

### **Studi Eksperimental Hubungan Antara Kuat Tekan dan UPV Mortar Abu Terbang**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi/Tesis/Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi/Tesis/Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Mei 2024

Yang membuat pernyataan,



Grace Milka Arisoy



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Eksperimental Hubungan Antara Kuat Tekan dan UPV Mortar Abu Terbang**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, dan Bapak **Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T.** selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I dan Bapak **Dr. Eng. Muhammad Akbar Caronge ST., M.Eng.**, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini..
4. **Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Yermias Arisoy**, ibunda **Paula Yohana Mora**, atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. **Garuda, kak Kelfin, Ocang, Theo, kak Fina, kak Misel Hamdar, dan Kak Miswar, Bernadeta Deda, Hamdar** selaku rekan-rekan di **Laboratorium Riset Eco Material**, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Adunara-saudari **PLASTIS 2017** yang senantiasa memberikan dukungan yang ada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

teman-teman **Hamdar, Bernadetha Deda, Abraham, Harfiansa, Yafet** yang senantiasa selalu memberikan bantuan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.



5. Saudara-saudari **KMKO TEKNIK** yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, Mei 2024

Grace Milka Arisoy



## ABSTRAK

*Grace Milka Arisoy. Studi Eksperimental Hubungan Antara Kuat Tekan dan UPV Mortar Abu Terbang (dibimbing oleh Muh. Wihardi Tjaronge ST., M.Eng dan Muhammad Akbar Caronge)*

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbedapada proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan dan UPV mortar dengan penambahan *fly ash* pada semen yang mempunyai variasi persentase 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan mortar ini juga membandingkan dengan kuat tekan mortar normal yang akan dilakukan. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental di laboratorium yaitu percobaan yang menggunakan benda uji mortar berbentuk kubus di laboratorium dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm. Bahan-bahan yang digunakan dalam melakukan eksperimen adalah Semen PCC, pasir, *fly ash*, dan air bersih. Berdasarkan grafik pengujian pada kubus beton rencana, dapat diketahui bahwa beton yang tidak mengandung *fly ash* memiliki nilai kecepatan rambat gelombang yang lebih tinggi melalui upv test. Kandungan *fly ash* yang terdapat pada beton mempengaruhi nilai rambat karena pada grafik, terdapat penurunan kemampuan ultrasonic dalam menjelajah struktur beton yang berpotensi menyebabkan kerapatan struktur pada rongga-rongga beton. Sejalan dengan proses kuat tekan, metode UPV ini menunjukkan bahwa kandungan *fly ash* pada beton mampu meningkatkan kuat tekan pada beton melalui pembacaan kecepatan gelombang.

Kata kunci: Fly ash, mortar, kuat tekan, UPV



## ***ABSTRACT***

***Grace Milka Arisoy. Experimental Study of the Relationship Between Compressive Strength and UPV of Fly Ash Mortar*** (supervised by Muh. Wihardi Tjaronge ST., M.Eng dan Muhammad Akbar Caronge)

Mortar is a mixture of cement, sand and water which has different percentages in certain proportions as an adhesive. Fly ash is waste from burning coal from steam power plants which is smooth, round and pozzolanic in nature. This research aims to determine the relationship between compressive strength and UPV of mortar with the addition of fly ash to cement which has varying percentages of 0%, 10%, 20%, 30% and 40%. The effect of adding fly ash on the compressive strength of the mortar is also compared with the compressive strength of the normal mortar that will be used. The research method uses experimental methods in the laboratory, namely experiments using cube-shaped mortar test objects in the laboratory with dimensions of 50mm x 50mm x 50mm. The materials used in conducting the experiment were PPC cement, Tonasa cement, sand, fly ash and clean water. Based on the test graph on the planned concrete cube, it can be seen that concrete that does not contain fly ash has a higher wave propagation speed value through the UPV test. The fly ash content in the concrete affects the propagation value because in the graph, there is a decrease in the ability of ultrasonics to explore the concrete structure which has the potential to cause structural density in the concrete cavities. In line with the compressive strength process, this UPV method shows that the Fly Ash content in concrete is able to increase the compressive strength of the concrete through wave velocity readings.

Key words: Fly ash, mortar, compressive strength, UPV



## DAFTAR ISI

LAMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIA .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Teori Mortar .....	7
2.2.1 Tipe Mortar .....	7
2.2 Sifat – sifat Mortar.....	11
2.5 Material Penyusun Mortar .....	11
2.6 Semen Portland .....	11
2.7 Semen Campur .....	12
2.8 Pasir .....	13
2.9 Air.....	14
2.10 Fly Ash.....	14
Pengujian Meja Sebar .....	15
Cuat Tekan Mortar .....	15
Tpv .....	16



2.14. Hubungan Kuat Tekan dan UPV .....	17
BAB 3. METODE PENELITIAN .....	19
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	19
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	20
3.4 Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	20
3.5 Alat dan Bahan .....	20
3.5.1 Alat Penelitian .....	20
3.5.2 Bahan Penelitian .....	21
3.6 Pemeriksaan Karakteristik Material .....	21
3.6.1 Pasir .....	21
3.6.2 Fly Ash.....	22
3.7 Komposisi Campuran ( <i>Mix Design</i> ) .....	22
3.8 Pembuatan Benda Uji .....	23
3.9 Perawatan (curing) Benda Uji .....	25
3.10 Pengujian Kuat Tekan Mortar.....	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Karakteristik Material.....	27
4.1.1 Pasir .....	27
4.1.2 <i>Fly Ash</i> .....	28
4.2 Pengujian <i>Flow</i> Mortar .....	28
4.3 Kuat Tekan.....	31
4.4 Pengujian Upv .....	33
4.5 Hubungan Kuat Tekan dan Upv .....	35
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
LAMPIRAN .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	40



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Meja Sabar (SNI 03-6825-2002).....	15
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 3. Material Camouran Mortar.....	21
Gambar 4. Prosedur Pembuatan Benda Uji.....	24
Gambar 5. Proses Curing Benda uji.....	25
Gambar 6. Flow Mortar Kontrol.....	28
Gambar 7. Fly Mortar 10% FA .....	29
Gambar 8. Fly Mortar 20% FA .....	30
Gambar 9. Fly Mortar 30% FA .....	30
Gambar 10. Fly Mortar 40% FA .....	31
Gambar 11. Kuat Tekan Mortar Benda Uji Kubu .....	32
Gambar 12. Hasil Analisa UPV .....	34



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan spesifikasi proporsi mortsr.....	9
Tabel 2. Persyaratan spesifikasi sifat mortar .....	10
Tabel 3. Gradasi pasir (Tjokrodimuljo, 1992) .....	13
Tabel 4. Pemeriksaan Karakteristik Pasir .....	22
Tabel 5. Pemeriksaan Karakteristik Fly ash.....	22
Tabel 6. Mix Desing Mortar.....	22
Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Karakteristik .....	27
Tabel 8. Chamical Fly ash.....	28
Tabel 9. Kuat Tekan Mortar Benda Uji Kubus .....	32
Tabel 10. Hasil Analisa UPV .....	35



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbedapada proporsi tertentu sebagai bahan perekat. Proporsi campuran tertentu terhadap adukan mortar terdapat beberapa yang menunjukkan penurunan nilai kuat tekan. Bahan yang dapat digunakan harus mempunyai sifat pozzolan, karena sebagai bahan tambah dapat menghasilkan mortar yang memilikikuat tekan tinggi (Simanullang, 2014).

Abu terbang (*fly ash*) merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik. Sifat yang ada pada abu terbang (*fly ash*) digunakan sebagai bahan pengikat pada semen dalam pembuatan mortar. Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambah dalam campuran mortar ini merupakan salah satu usaha untuk menanggulangi masalah lingkungan tersebut (Armeyn, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kuat tekan dan UPV mortar dengan penambahan *fly ash* pada semen yang mempunyai variasi persentase 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan mortar ini juga membandingkan dengan kuat tekan mortar normal yang akan dilakukan. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental di laboratorium yaitupercobaan yang menggunakan benda ujimortar berbentuk kubus dilaboratorium dengan ukuran 50mm x 50mm x 50mm.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan maka dilakukan penelitian dengan judul:

**“STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN UPV MORTAR ABU TERBANG”**



## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik material pada campuran mortar *fly ash* ?
2. Bagaimanana hubungan antara kuat tekan upv mortar *fly ash* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis karakteristik material campuran mortar *fly ash*
2. Untuk menganalisis bagaimana hubungan antara kuat tekan dan UPV mortar *fly ash*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini secara umum diharapkan dapat memberikan informasi masukan sebagai berikut :

Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik mortar terhadap variasi *fly ash* dan hubungan anatara kuat tekan dan upv mortar.

## 1.5 Batasan Masalah

Untuk mencapai maksud dan tujuan dari penulisan ini serta menguraikan pokok bahasan diatas ditetapkan batasan-batasan dalam penelitian ini yaitu :

1. Semen yang digunakan adalah jenis PCC yang banyak dijumpai dipasaran.
2. Pasir yang digunakan berasal dari sungai jeneberang, Sulawesi selatan.
3. *Fly ash* yang digunakan adalah abu terbang yang berasal dari Barru, Sulawesi selatan.
4. Pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, poisson ratio dan toughness menggunakan sampel berbentuk kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm yang dilakukan pada umur 7 dan 28 hari.
5. Proses curing yang dilakukan adalah curing air.



## **1.6 Sistematika Penulisan**

Agar lebih terarah penulisan tugas akhir, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan dapat diurutkan yaitu :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini, Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi teori-teori penting yang memiliki keterkaitan dengan topik permasalahan dan dijadikan sebagai landasan atau acuan penelitian.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian diantaranya adalah bentuk fisik agregat, hasil pemeriksaan karakteristik agregat, sifat fisik agregat, modulus kehalusan benda uji, berat jenis mortar segar, *flow* mortar, hasil analisa kuat tekan benda uji kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dan penyebaran agregat di dalam mortar.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pembangkit listrik tenaga batubara menghasilkan jutaan ton limbah fly ash di seluruh dunia yang menyebabkan masalah lingkungan dan mengancam kesehatan masyarakat. Selain itu, biaya depotnya tinggi dan membutuhkan area depot yang luas. Daur ulang merupakan strategi untuk memanfaatkan kandungan limbah yang tersisa dari beberapa industri. Meskipun fly ash telah digunakan dalam teknologi semen dan beton. Dalam teknologi beton telah digunakan sebagai bahan tambahan semen atau bahan pengganti dengan porsi semen sampai sekarang. Tapi, itu belum dianggap sebagai agregat halus. Dalam studi ini, pengaruh fly ash sebagai agregat halus dalam mortar diselidiki. Kemampuan aliran, berat satuan, kecepatan pulsa ultrasound, kekuatan tekan dan lentur, modulus elastisitas, perilaku tegangan-regangan dan pengujian pengeringan bebas dan susut tertahan dilakukan pada mortar yang dihasilkan. Diamati bahwa penggunaan abu terbang sebagai agregat halus menghadirkan pendekatan baru untuk mengkonsumsi abu terbang dalam jumlah tinggi tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada sifat mortar ketika digunakan pada rasio 60–70%. (Turhan Bilir, Dkk 2015)

Kajian fly ash sebagai pengganti workability mortar menggunakan flow table disajikan. Nilai flow table spread (FTS) diukur dan korelasi antara persentase penggantian abu terbang, volume air dan distribusi granulometri abu terbang telah ditetapkan. Hubungan linier antara nilai FTS dan volume air diperoleh pada kisaran air 200–225 mL (rasio 0,5 air/semen+fly ash, 3,0 pasir/semen alam + rasio fly ash). Peningkatan volume air menyiratkan nilai FTS yang lebih besar. Fly ash asli dipisahkan dalam empat fraksi dengan distribusi granulometri yang berbeda. Nilai FTS meningkat seperti halnya permukaan dan nilai FTS menurun dengan meningkatnya diameter rata-rata abu Untuk fraksi terbaik, efek



pelumas dilawan dengan adsorpsi air pada permukaan partikel fly ash. Kurva distribusi bentuk abu layang (asli dan pecahannya) memiliki pengaruh penting terhadap kemampuan kerja. **(E. Peris Mora dkk, 1993)**

Kinerja mekanik (yaitu, modulus elastisitas, kekuatan tekan dan lentur). Fly ash kelas F yang telah diaktifkan oleh kalium hidroksida (KOH) dan natrium metasilikat anhidrat menunjukkan kinerja mekanis mencapai kuat tekan ( $R_c$ ) lebih besar dari 60 MPa pada 28 hari curing ketika aktivasi mekanokimia dari fly ash diterapkan. **(Giulia Masi, dkk 2021)**

Melakukan penelitian Campuran yang terkandung dalam beton dan perawatan (curing) beton berpengaruh pada kuat tekan dan kualitas beton. Pada penelitian ini beton dengan bahan tambah admixtures yang direndam pada air normal dan air basa dengan diuji dengan UPVT untuk memperoleh nilai UPV dan kuat tekan beton. Hasil yang diperoleh bahwa kuat tekan aktual pada beton perendaman air normal dan beton perendaman air basa meningkat seiring bertambahnya umur beton sama seperti nilai kepadatan beton yang selalu meningkat pula pada setiap bertambahnya umur beton. Benda uji dengan umur 7, 14, 28, 60, dan 90 memiliki nilai resistivitas sampel beton perendaman air normal mengalami kenaikan yang signifikan seiring bertambahnya umur beton sedangkan nilai resistivitas beton perendaman air basa lebih rendah. Nilai resistivitas yang mengalami kenaikan secara signifikan terjadi sejak umur tujuh hari dibandingkan 13 dengan sampel lainnya. Kenaikan nilai resistivitas yang signifikan terjadi pada umur 90 hari, khususnya pada sampel beton normal 1 dan beton normal 2 sebagai nilai resistivitas tertinggi yang diperoleh yaitu sebesar 2119,32  $\Omega.m$  dan 1974,06  $\Omega.m$ . Sedangkan pada sampel beton air basa juga terdapat kenaikan nilai resistivitas, namun tidak terlalu tinggi yaitu sebesar 455,22  $\Omega.m$  untuk sampel beton basa 1 dan sebesar 324  $\Omega.m$  untuk sampel beton basa 2. Nilai resistivitas pada beton perendaman air normal menunjukkan hasil yang lebih jauh lebih besar dibandingkan beton yang direndam dengan air basa yang selisihnya hingga

Ohm.m atau sekitar 80,96%. Sehingga sampel beton perendaman air basa telah menghantarkan listrik. **(Astria Rossana dan Emil Adly, 2020).**



Penelitian ini fokus pada pengaruh suhu terhadap kurva korelasi antara kuat tekan dan kecepatan pulsa ultrasonik dalam beton eko. Dengan cara yang sama, pengaruh suhu pengawetan terhadap pengaruh daur ulang bahan memiliki evolusi kekuatan tekan itu diamati.

Perlambatan yang diharapkan dari kinetika hidrasi keseluruhan adalah diamati pada beton yang mengandung abu bionassa untuk semua suhu yang diuji dengan cara yang mirip dengan perilaku beton pada umumnya mengandung abu terbang.

Dipastikan bahwa abu biomassa memiliki kekuatan penyemenan tertentu yang bergantung pada suhu. Pada suhu yang lebih rendah, abu tidak bereaksi. Pada suhu 20 C mereka bereaksi lambat, sedangkan pada 45 C abu bereaksi dan mengeras dengan sangat cepat. Fakta ini bisa menjelaskan pengaruh suhu pengawetan pada evaluasi kekuatan.

Pengaruh suhu pada kurva korelasi antara kecepatan pulsa ultrasonik dan kekuatan tekan adalah diamati, terutama pada usia dini. Untuk pulsa ultrasonik yang sama kecepatan, semakin tinggi suhu curing, semakin tinggi pula kuat tekannya. Jadi, ketika suhu pengawetan lebih rendah dari suhu standar, terjadi kesalahan perkiraan yang berlebihan kekuatan tekan akan terjadi.

Semakin tinggi suhu pengawetan, semakin tinggi pula pengaruhnya angregat daur ulang pada kurva korelasi kekuatan ultrasonik, baik pada beton getas maupun pada beton yang memadat sendiri. Namun, pengaruh abu biomassa pada kurva korelasi sedikit lebih tinggi pada suhu yang lebih rendah, mungkin karena minimalis efek penyerapan abu.

Kesimpulan ini mendukung rekomendasi untuk perawatan di proses memperkirakan kuat tekan beton dengan dasar UPV, terutama ketika suhu bertahan sepanjang proses pengawetan berbeda dengan proses pengawetan UPV- tekan hubungan kekuatan disimpulkan. Memang kalau perawatan curing itu tidak ada di ambil, prosedur estimasi mungkin menyebabkan tidak aman perkiraan yang

n. (Mirian Velay-Lisancos, dkk (2016).



## 2.2 Teori Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran antara pasir kwarsa, air suling dan semen portland dengan komposisi tertentu. Tjokrodimuljo (1996), mengatakan bahwa mortar yang baik harus mempunyai sifat seperti tahan lama (awet), murah, mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang dan diratakan) melekat baik dengan pasangan batu, cepat kering atau keras, tahan terhadap rembesan air, tidak timbul retak-retak setelah dipasang. Menurut ASTM C270 tujuan utama dari mortar dalam pasangan adalah untuk mengikat unit-unit pasangan menjadi satu kesatuan agar bekerja sebagai elemen integral yang memiliki karakteristik kinerja fungsional yang diinginkan.

### 2.2.1 Tipe Mortar

Mortar ditinjau dari bahan pembentuknya dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu: mortar lumpur (*mud mortar*), mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus. Selanjutnya tipe-tipe mortar tersebut diuraikan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1996 dalam Veliyati, 2010):

- a. Mortar lumpur adalah mortar dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air. Pasir, tanah liat dan air tersebut dicampur sampai rata dan mempunyai konsistensi yang cukup baik. Jumlah pasir harus diberikan secara tepat untuk memperoleh adukan yang baik. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak – retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan dan juga dapat menyebabkan adukan kurang dapat melekat. Mortar ini biasa dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api.
- b. Mortar kapur, dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Kapur dan pasir mula – mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air ditambahkan secukupnya agar diperoleh adukan yang cukup baik (mempunyai konsistensi baik). Selama proses pengerasan kapur mengalami ... an, sehingga jumlah pasir dipakai dua kali atau tiga kali volume kapur. ar ini biasanya digunakan untuk pembuatan tembok bata.



- c. Mortar semen, dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir antar 1:3 hingga 1:6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar daripada mortar lumpur dan mortar kapur, karena mortar ini biasanya dipakai untuk tembok, pilar kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini kedap air, maka dapat dipakai pula untuk bagian luar dan bagian yang berada di bawah tanah. Semen dan pasir mula – mula dicampur secara kering sampai merata di atas tempat yang rata dan kedap air. Kemudian sebagian air yang diperlukan ditambahkan dan diaduk kembali, begitu seterusnya sampai air yang diperlukan tercampur sempurna.
- d. Mortar khusus, yang mana dibuat dengan menambahkan *asbestos, fibers, jute fibers* (serat rami), butir – buti kayu, serbuk gergaji kayu dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api dengan aluminuos semen, dengan membandingkan volume satu aluminous semen dan bubuk bata api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

Berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu:

- a. Mortar tipe M

Mortar tipe M merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar. Kuat tekan minimumnya 17,2 MPa.

- b. Mortar tipe S

Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetannya yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan untuk

struktur pada atau di bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan air, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan mainhole. kuat tekan minimumnya adalah 12,4 MPa.



c. Mortar tipe N

Tipe N merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan di atas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat lentur, workabilitas, dan dari segi ekonomi yang direkomendasikan untuk aplikasi konstruksi pasangan umumnya. Kuat tekan minimumnya adalah 5,2 MPa.

d. Mortar tipe O

Mortar tipe O merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak menjadi beku dalam keadaan lembab atau jenuh. Mortar tipe ini sering digunakan untuk pekerjaan setempat, memiliki workabilitas yang baik dan biaya yang ekonomis. Kuat tekan minimumnya adalah 2,4 MPa.

e. Mortar tipe K

Mortar tipe K memiliki kuat tekan dan kuat lekat lentur yang sangat rendah. Mortar tipe ini jarang digunakan untuk konstruksi baru, dan direkomendasikan dalam ASTM C270 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur. Kuat tekan minimumnya adalah 5,2 MPa.

Spesifikasi masing - masing tipe sesuai ASTM C270 diperlihatkan dalam **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut ini :

**Tabel 1.** Persyaratan spesifikasi proporsi mortar

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)							Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi lembab atau gembur)	
		Semen Portland/ semen campur	Semen Mortar			Semen Pasangan				Kapur Padam atau kapur Pasta
			M	S	N	M	S	N		
M	1	...	...	...	...	...	...	1/4		
S	1	...	...	...	...	...	...	> 1/4 sampai 1/2		
N	1	...	...	...	...	...	...	> 1/2		



Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)							Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi lembab atau gembur)
		Semen Portland/ semen campur	Semen Mortar			Semen Pasangan			
			M	S	N	M	S	N	
Semen	M	1	...	...	...	...	...	...	1/4
	O	1	...	...	...	...	...	...	sampai 1/4 > 1 1/4 sampai 2 1/2
Semen Mortar	M	1	...	...	1	...	...	...	Tidak kurang dari 2/4 dan tidak lebih dari 3 kali jumlah darivolume terpisah material sementisius
	M	...	1	...	...	...	...	...	
	S	1/2	...	...	1	...	...	...	
	S	...	...	1	...	...	...	...	
	N	...	...	...	1	...	...	...	
	O	...	...	...	1	...	...	...	
Semen Pasangan	M	1	...	...	...	...	...	1	
	M	...	...	...	...	1	...	...	
	S	1/2	...	...	...	...	...	1	
	S	...	...	...	...	...	1	...	
	N	...	...	...	...	...	...	1	
	O	...	...	...	...	...	...	1	

Tabel 2. Persyaratan spesifikasi sifat mortar

Mortar	Tipe	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)	Retensi air, min, %	Kadar udara, maks, % <sup>B</sup>	Rasio agregat (diukur dalam kondisi lembab, lepas)
Semen-kapur	M	17,2 (2 500)	75	12	Tidak kurang dari 2/4 dan tidak lebih dari 3/2
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	jumlah dari volumevolume terpisah dari material sementisius
	M	17,2 (2 500)	75	12	
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	



	M	17,2 (2 500)	75	18
<b>Semen</b>	S	12,4 (1 800)	75	18
<b>Pasangan</b>	N	5,2 (750)	75	20 <sup>D</sup>
	O	2,4 (350)	75	20 <sup>D</sup>

### 2.3 Sifat - sifat Mortar

Mortar dapat digunakan pada pekerjaan-pekerjaan tertentu karena memiliki beberapa sifat yang menguntungkan. Antara lain menurut Tjokrodimuljo (1999:126) mortar yang baik harus mempunyai sifat sebagai berikut:

- Murah
- Tahan lama (awet)
- Mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang, diratakan)
- Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.
- Cepat kering/keras
- Tahan terhadap rembesan air.
- Tidak timbul retak – retak setelah dipasang.

Dikarenakan sifat-sifat tersebut maka mortar memiliki cakupan yang luas untuk diaplikasikan pada berbagai macam pekerjaan seperti sebagai bahan pengikat antara bata satu dengan bata yang lain juga untuk menyalurkan beban.

Adukan mortar berdasarkan tujuannya dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- Adukan untuk pasangan, yang biasa digunakan untuk merekat bata atau sejenisnya membentuk konstruksi tembok.
- Adukan plesteran, yang dipakai untuk menutup permukaan tembok atau untuk meratakan tembok.

### 2.4 Material Penyusun Mortar

Adapun material-material yang digunakan untuk membuat mortar adalah sebagai berikut :



**Semen Portland (*Portland Cement*)**

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis, yaitu bahan anorganik yang ditumbuk halus dan ketika bercampur dengan air, dengan menggunakan reaksi dan proses hidrasi membentuk pasta yang mengikat dan mengeras, setelah mengeras, tetap mempertahankan kekuatan dan stabilitasnya meskipun di dalam air (Standar BS EN 197-1).

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenisnya berkisar antara 3,12 dan 3,16, dan berat volume satu sak semen adalah  $94 \text{ lb/ft}^3$ . Bahan baku pembentuk semen adalah:

1. Kapur ( $\text{CaO}$ ) – dari batu kapur,
2. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) – dari lempung,
3. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – dari lempung (dengan sedikit presentasi magnesia,  $\text{MgO}$ , dan terkadang sedikit alkali). Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya (Edward G. Nawy, 1995).

#### 2.4.2 Semen Campuran (*blended cement*)

Berdasarkan SNI 6882:2014 Semen campuran (*blended cement*) adalah menggunakan cara menggiling antara semen portland dan bahan yg memiliki sifat pozzolan, atau mencampur secara merata serbuk semen portland dan serbuk bahan yang memiliki sifat pozzolan dengan pencampuran bahan pengikat yang dihasilkan.

antara ada beberapa semen campuran yaitu:

(*Portland Composite Cement*)



Berdasarkan SNI 15 7064 2004 PCC merupakan semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (klinker) semen portland dengan gipsum dan bahan pozzolan dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lainnya.

## 2. PPC (*Portland Pozzoland Cement*)

Berdasarkan SNI 15-0302-2004, semen portland pozzolan (PPC) Dalam perancangan pabrik semen ini akan dipakai proses kering pada proses produksinya, PPC merupakan semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus.

### 2.4.3 Pasir (Agregat Halus)

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolis atau adukan. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu (Tjokrodimuljo 1992) :

- Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.
- Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.
- Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

Gradasi pasir dapat dikelompokkan menjadi 4 yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar seperti terlihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Gradasi pasir (Tjokrodimuljo, 1992)

ng	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	kasar	agak kasar	agak halus	halus



<b>10</b>	100	100	100	100
<b>4,8</b>	90-100	90-100	90-100	95-100
<b>2,4</b>	60-95	75-100	85-100	95-100
<b>1,2</b>	30-70	55-90	75-100	90-100
<b>0,6</b>	15-34	35-59	60-79	80-100
<b>0,3</b>	5-20	8-30	12-40	15-50
<b>0,15</b>	0-10	0-10	0-10	0-15

#### 2.4.4 Air

Bahan dasar penyusun material yang paling penting merupakan air yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya mempermudah proses pencampuran agregat dengan binder serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (Veliyati 2010). Berdasarkan SNI 03-2847-2002, air sebagai pencampur mortar yang tidak dapat diminum dan tidak boleh digunakan pada adukan mortar kecuali pemilihan proporsi campuran mortar harus didasarkan pada campuran mortar yang menggunakan air dari sumber yang sama dengan pH antar 4,5-7 dan tidak mengandung lumpur. Air yang diisyaratkan menggunakan air bersih dan layak minum, bebas dari minyak, asam, alkali, zat organik, atau material beracun lainnya, bahan lain yang dapat merusak mortar yaitu logam-logam yang terdapat di dinding (SNI 03-6882-2002).

#### 2.4.5 Fly Ash (Abu Terbang)

Berdasarkan SNI 03-6414-2002, abu terbang merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bulat dan bersifat pozzolanik. *Fly ash* merupakan material proses pembakaran batu bara dimana temperatur pembakarannya lebih rendah dari titik leleh abu batu bara material sisa pembakaran, sifatnya ditentukan oleh komposisi

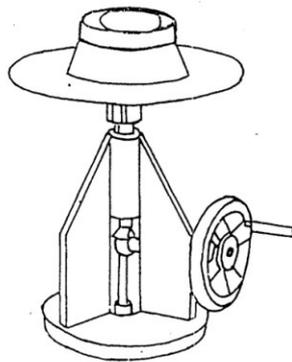
mineral pengotor dalam batu bara serta proses pembakarannya  
 n yang bersifat pozzolan sebagai bahan yang mengandung silika dan  
 (ASTM C-618-12a) dimana memiliki hanya sedikit dan tidak memiliki



nilai semen yang dalam bentuk terbagi secara halus dengan adanya kelembapan dan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu normal untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat seperti semen.

## 2.5 Pengujian Meja Sabar (*Flow Table*)

Pengukuran workabilitas pada mortar dilakukan dengan pemeriksaan meja sebar atau *flow table* seperti yang terlihat pada **Gambar 1** sesuai dengan ASTM C124-39. Hasil test ini menunjukkan konsistensi mortar dengan mengukur tingkat penyebaran campuran ketika menerima sentakan pada *table* selama 15 kali dalam 15 detik. Nilai fluiditas didefinisikan sebagai peningkatan diameter penyebaran mortar segar ( $D$  dalam cm) dikurangi diameter sebelumnya (10 cm).



**Gambar 1.** Meja sebar (SNI 03-6825-2002)

*Flow* mortar adalah mortar yang memiliki kemampuan untuk mengalir dan memadat sendiri. Penambahan rasio slag granulasi dalam mortar akan menaikkan nilai mortar dengan tanpa menambahkan atau tidak merubah komposisi rasio air semennya.

## 2.6 Kuat Tekan Mortar

Menurut SNI 03-6825-2002 kekuatan tekan mortar semen portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu. Gaya tekan adalah gaya yang bekerja saat benda uji kubus pecah. Kuat tekan



mortar dihitung dengan membagi beban tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luar penampang melintang.

Berdasarkan standar pengujian ASTM C 1329 – 04 kuat tekan minimum mortar umur 28 hari sebesar 20 MPa. Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan mortar diantaranya adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat.

a. Faktor air semen

(fas) Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran mortar atau beton. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai f.a.s, semakin rendah mutu kekuatan mortar / beton. Namun demikian, nilai f.a.s yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan mortar / beton semakin tinggi. Nilai f.a.s yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu mortar / beton menurun. Umumnya nilai f.a.s minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004) Faktor air semen yang digunakan pada campuran mortar menurut standar ASTM C 109M adalah 0,485. 2.

b. Jumlah semen

Pada mortar dengan f.a.s sama, mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen dalam mortar mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.

c. Umur mortar

Kekuatan mortar akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dimana pada umur 28 hari mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.

agregat



Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap interlocking antar agregat.

## 2.7 UPV

Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) adalah pengujian kuat tekan beton secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton.

UPV bekerja dengan cara memancarkan gelombang ke beton melalui transduser pengirim. Pantulan dari gelombang akan diterima oleh transduser penerima, sehingga waktu tempuh perambatan gelombang dapat diukur. Waktu tempuh dan panjang lintasan yang didapat kemudian digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang pada beton. Kecepatan inilah yang nantinya akan dikonversi menjadi kuat tekan beton dalam satuan MPa sehingga nilai kuat tekan beton dapat langsung diketahui. Kecepatan gelombang dipengaruhi oleh kekakuan elastis dan kuat tekan beton .

Pada beton yang pematatannya kurang baik atau mengalami kerusakan, gelombang UPV akan mengalami penurunan kecepatan. Perubahan kuat tekan beton pada uji UPV ditunjukkan dengan perbedaan kecepatan gelombangnya; jika lambat maka beton mengalami penurunan kuat tekan, sebaliknya jika cepat maka kuat tekan beton meningkat.

Pemanfaatan UPV sendiri mempunyai fungsi sebagai uji kualitas dari bahan padat tersebut sehingga nantinya ultrasonik akan mendapatkan data apakah benda padat tersebut mempunyai kualitas yang bagus atau tidak.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk merancang dan membuat sistem pengukur kuat tekan beton yang dapat langsung menampilkan hasilnya.



### Hubungan Antara Kuat Tekan dan UPV

Kuat tekan beton merupakan salah satu faktor penting untuk mengetahui kualitas suatu beton. Salah satu pengujian kuat tekan beton adalah dengan cara

tidak merusak, yaitu menggunakan metode UPV. Metode ini memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk menghitung waktu tempuh pada suatu beton. Hasil waktu yang didapat kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan gelombang. Kecepatan gelombang inilah yang kemudian di konversikan menjadi kuat tekan beton dengan suatu persamaan.

