

**TESIS**

**PERILAKU MEKANIK MORTAR DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN  
CAMPURAN**

***MECHANICAL BEHAVIOR OF MORTAR USING BLENDED CEMENT***

**NASRUL RAHMAN NASIR**  
**D012211011**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2023**

**PENGAJUAN TESIS**  
**PERILAKU MEKANIK MORTAR DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN**  
**CAMPURAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

**NASRUL RAHMAN NASIR**

**D012211011**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2023**

# TESIS

## PERILAKU MEKANIK MORTAR DENGAN MENGUNAKAN SEMEN CAMPURAN

**NASRUL RAHMAN NASIR**  
**D012211011**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 January 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Muh. Wihardi Tjaronge, ST.,M.Eng  
NIP. 19680529 2000212 1002

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Muh Akbar Caronge S.T, M.Eng  
NIP. 19860409 201904 3001

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM  
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi  
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM  
NIP. 197303061998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama** : Nasrul Rahman Nasir

**NIM** : D012211011

**Program Studi** : Teknik Sipil

**Jenjang** : S2 (Magister)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis berjudul :

### **PERILAKU MEKANIK MORTAR DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN CAMPURAN**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 30 Januari 2023

Yang menyatakan



Nasrul Rahman Nasir

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji dan Syukur Kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunianya sehingga penulis dapat menyusun Laporan Proposal Tesis ini dengan judul **“PENGARUH MEKANIK MORTAR DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN CAMPURAN”**

Kami menyampaikan penghargaan sangat tinggi dan mendalam kepada bapak Prof. Dr. Ir. M. Wihardi Tjaronge, S.T, M. Eng dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T, M. Eng, selaku pembimbing yang selalu memberikan arahan, motivasi dan petunjuk dalam penyusunan Laporan Seminar Hasil Tesis ini.

Kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada Laporan Seminar Hasil Tesis ini. Oleh karena itu saran serta kritik yang dapat membangun dari pembaca sangat kami harapkan guna penyempurnaan pada laporan seminar hasil selanjutnya.

Demikian Laporan Seminar Hasil Tesis ini kami buat, semoga dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Makassar, January 2023

Penyusun,

Nasrul Rahman Nasir

## ABSTRAK

**Nasrul Rahman Nasir, Perilaku Mekanik Mortar Dengan Menggunakan Semen Campuran, (dibimbing oleh: Prof. Dr. Ir. M. Wihardi Tjaronge, ST. M. Eng dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge ST., M. Eng.)**

Penelitian ini memakai semen PCC yang menggunakan produk sampingan seperti *fly ash* sebagai bahan baku semen yang berkelanjutan. Penelitian ini menyelidiki dua rasio faktor air semen yang berbeda yaitu w/c 0.53 dan w/c 0.63 yang bertujuan untuk mempelajari *point load test*, *ultrasonic pulse velocity*, modulus elastisitas dinamik dan penyerapan air mortar berbahan semen PCC. Pengujian *point load test*, *ultrasonic pulse velocity*, serta modulus elastisitas dinamik dilakukan pada umur 7, 28, dan 90 hari, serta penyerapan air pada umur 28 hari. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa mortar w/c 0.53 memiliki nilai *point load test*, *ultrasonic pulse velocity*, dan modulus elastisitas dinamik yang lebih tinggi dibandingkan w/c 0.63, serta terjadi peningkatan antara nilai *point load test*, *ultrasonic pulse velocity* dan modulus elastisitas dinamik dari usia 7 hari ke 28 hari dan 90 hari. Begitu pula nilai serapan air yang diperoleh pada mortar w/c 0.63 yang mengeras berumur 28 hari memiliki daya serap air yang lebih besar daripada mortar yang dihasilkan pada w/c 0.53 menjadi bukti bahwa *micro void* yang terbentuk pada w/c 0,63 lebih banyak. Temuan yang diperoleh dari uji serapan air membuktikan bahwa semakin banyak *micro void* menghasilkan nilai *point load test*, *ultrasonic pulse velocity*, dan modulus elastisitas dinamik yang lebih kecil, hal ini sesuai dengan hasil uji yang telah dilakukan.

**Kata kunci:** Rasio w/c, *Point Load Test*, *Ultrasonic Pulse Velocity*, Modulus Elastisitas Dinamik, dan Penyerapan Air

## ABSTRACT

**Nasrul Rahman Nasir**, *Behavior of Mortar Mechanics Using Blended Cement* (supervised by : **Prof. Dr. Ir. M. Wihardi Tjaronge, ST. M. Eng dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge ST., M. Eng.**)

This research uses PCC cement which uses by-products such as fly ash as a sustainable raw material for cement. This study investigated two different cement water factor ratios namely w/c 0.53 and w/c 0.63 with the aim of studying the point load test, ultrasonic pulse velocity, dynamic modulus of elasticity and water absorption of mortar made from PCC cement. Point load tests, ultrasonic pulse velocity, and dynamic modulus of elasticity were carried out at 7, 28 and 90 days of age, and water absorption at 28 days of age. The results of the point load test, ultrasonic pulse velocity and dynamic modulus of elasticity obtained showed that mortar w/c 0.53 had higher point load test values, ultrasonic pulse velocity and dynamic modulus of elasticity than w/c 0.63, and there was an increase between the values point load test, ultrasonic pulse velocity and dynamic modulus of elasticity from 7 days to 28 days and 90 days. Likewise, the water absorption value obtained from mortar w/c 0.63 which hardens aged 28 days has a greater water absorption capacity than the mortar produced at w/c 0.53, which is evidence that the micro voids formed at w/c 0.63 are more. The findings obtained from the water absorption test prove that the more micro voids the smaller the value of point load test, ultrasonic pulse velocity, and dynamic elastic modulus, this is in accordance with the results of the tests that have been carried out.

**Keywords:** W/c Ratio, Point Load Test, Ultrasonic Pulse Velocity, Modulus Dynamic of Elasticity, and Water Absorption.

## DAFTAR ISI

<b>PENGAJUAN TESIS</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>PENGESAHAN TESIS</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	<b>iiiv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xxiv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1    Mortar .....	6
2.1.1    Definisi dan Penggunaan Mortar.....	6
2.1.2    Material Penyusun Mortar .....	8
2.2    Perilaku Mekanik Mortar .....	12
2.2.1    Pengujian Flow Mortar .....	12
2.2.2    Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) .....	12
2.2.3    Point Load Test (PLT).....	15
2.2.4    Pengujian Kuat Tekan.....	16



2.2.5	Densitas .....	17
2.3	Penelitian Terdahulu .....	18
2.3.1	Flow Mortar .....	18
2.3.2	Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) .....	19
2.3.3	Point Load Test (PLT) .....	20
<b>BAB III</b>	.....	<b>22</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>22</b>
3.1	Bagan Alir Penelitian .....	22
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	37
3.3	Metode Penelitian dan Sumber Data .....	37
3.4	Alat dan Bahan Penelitian .....	37
3.5	Pemeriksaan Karakteristik Material .....	39
3.6	Analisa Rancangan Pembuatan Benda Uji .....	40
3.7	Pembuatan Benda Uji .....	41
<b>BAB IV</b>	.....	<b>48</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>48</b>
4.1.	Karakteristik Material .....	48
4.1.1.	Karakteristik Fisik Agregat Halus .....	48
4.2.	Pengujian Flow Mortar .....	49
4.3.	Ultrasonic Pulse Velocity dan dynamic modulus .....	50
4.4.	Pengujian Point Load Test.....	54
4.4.1.	Indeks Kekuatan Beban Titik.....	54
4.4.2.	Hubungan Beban Titik dan Penetrasi .....	56
4.4.3.	Nilai penetrasi puncak .....	60
4.4.4.	Pola kegagalan.....	61
4.5.	Pengujian Kuat Tekan .....	63
4.5.1	Kuat Tekan .....	63
4.5.2.	Pola Kehancuran Kuat Tekan.....	65
4.6.	Korelasi hubungan antara Nilai kuat tekan dan point load test .....	66
4.7.	Korelasi hubungan antara nilai elastisitas dinamis dan UPV .....	68

4.8. Korelasi hubungan antara nilai elastisitas dinamis dan point load test.....	69
4.9. Korelasi hubungan antara nilai kuat tekan dan UPV.....	69
5.0. Korelasi hubungan antara nilai elastisitas dinamis dan elastisitas statis .....	71
5.1. Penyerapan air .....	72
<b>BAB V.....</b>	<b>73</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>73</b>
5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>75</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi kecepatan gelombang upv (batuan).....	14
Tabel 2. Klasifikasi kecepatan gelombang upv (beton).....	14
Tabel 3. Standar Pengujian Karakteristik Semen Portland. ....	39
Tabel 4. Tabel standar pengujian karakteristik agregat halus.....	40
Tabel 5. Mix Design Mortar.....	40
Tabel 6. Identifikasi jumlah benda uji.....	41
Tabel 7. Karakteristik Agregat Halus.....	48
Tabel 8. Pengujian Flow Mortar. ....	49
Tabel 9. Hasil Pengujian UPV.....	53
Tabel 10. Hasil Pengujian Elastisitas Dinamis. ....	54
Tabel 11. Hasil pengujian point load test. ....	56
Tabel 12. Kedalaman Penetrasi Puncak.....	61
Tabel 13. Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	65
Tabel 14. Hasil Pengujian Penyerapan Air. ....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengaplikasian Mortar di lapangan. a. Aplikasi pondasi batu kali; b. Aplikasi dinding batu bata; c. Aplikasi batako; d. Aplikasi Plasteran dinding .....	7
Gambar 2. Deskripsi Klasifikasi kekuatan menggunakan grafik nomograf (ASTM 5731 – 16).....	16
Gambar 3. pengujian aliran mortar semen Ibrahim Ogiri Hassan, dkk 2014. ....	18
Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat tekan dan UPV.....	19
Gambar 5. Alat Pengujian UVP.....	20
Gambar 6. Bagan alir penelitian.....	23
Gambar 7. Material mortar. a. Agregat Halus (Pasir); b. Semen Portland Campuran; c. Air.....	39
Gambar 8. Proses Pembuatan Benda Uji .....	42
Gambar 9. Curing air benda uji .....	43
Gambar 10. Perangkat Pengujian Dan Alat Akuisisi Data. ....	44
Gambar 11. Detail pengujian point load kubus. ....	44
Gambar 12. Skema Pengujian UPV.....	46
Gambar 13. Detail Pengujian UPV.....	46
Gambar 14. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	49
Gambar 15. a. Pengujian flow mortar w/c 0,53; b. Pengujian Flow Mortar w/c 0,63. ....	50
Gambar 16. Hasil Pengujian UPV.....	53
Gambar 17. Hasil Pengujian Elastisitas Dinamis. ....	53
Gambar 18. Contoh Klasifikasi Kekuatan Deskriptif dan Penggunaan Nomograf untuk Menghitung Indeks Beban Titik (Sampel 3 w/c 0.53).....	55
Gambar 19. Hasil Pengujian Point Load test. ....	56
Gambar 20. Grafik kurva w/c 0,63 umur 7 hari. ....	57
Gambar 21. Grafik kurva w/c 0,53 umur 7 hari. ....	58
Gambar 22. Grafik kurva w/c 0,63 umur 28 hari. ....	58
Gambar 23. Grafik kurva w/c 0,53 umur 28 hari. ....	59

Gambar 24. Grafik kurva w/c 0,63 umur 90 hari. ....	59
Gambar 25. Grafik kurva w/c 0,53 umur 90 hari. ....	60
Gambar 26. Pengujian point load pada umur 7 hari. a. w/c 0.63; b. w/c 0,53. .....	62
Gambar 27. Pengujian point load pada umur 28 hari. a. w/c 0.63; b. w/c 0,53.....	62
Gambar 28. Pengujian point load pada umur 90 hari. a. w/c 0.63; b. w/c 0,53.....	63
Gambar 29. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar.....	64
Gambar 30. Pola kehancuran Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	65
Gambar 31. Pola kehancuran Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	66
Gambar 32. Pola kehancuran Kuat Tekan Umur 90 Hari.....	66
Gambar 33. Grafik korelasi kuat tekan dan point load. ....	67
Gambar 34. Grafik Korelasi Garis Kecendrungan Antara Kuat Tekan dan Point Load.....	68
Gambar 35. Grafik Korelasi Antara Nilai Elastisitas Dinamis dan UPV... ..	68
Gambar 36. Korelasi Antara Elastisitas Dinamis Dan Point Load. ....	69
Gambar 37. Grafik Korelasi Kuat Tekan dan UPV. ....	70
Gambar 38. Grafik Korelasi Garis Kecendrungan Antara Kuat Tekan Dan Point Load.....	70
Gambar 39. Grafik Korelasi Antara Elastisitas Dinamis Dan Elastisitas Dinamis.....	71

## DAFTAR NOTASI

V	= Kecepatan perambatan gelombang ultrasonik (km/s)
L	= Panjang lintasan gelombang (m)
$\Delta t$	= Travel time (s)
$E_d$	= Modulus Elastisitas Dinamik
$\rho$	= Kepadatan (kg/m <sup>3</sup> )
$\mu$	= Poisson rasio dinamis
$I_s$	= Point Load test index, <i>indek franklin</i> (Mpa)
P	= Beban maksimum hingga percontohan pecah (N)
D	= Jarak antara dua konus penekan (mm)
$\sigma_c$	= Kuat tekan batuan
$f'_c$	= Kuat Tekan Beton (N/mm <sup>2</sup> )
A	= Luas Penampang Benda Uji (mm <sup>2</sup> )
$E_c$	= Modulus Elastisitas (N/mm <sup>2</sup> )
D	= densitas (kg/m <sup>3</sup> )
M	= massa mortar (kg)
v	= volume (m <sup>3</sup> )

## DAFTAR SINGKATAN

PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
UPV	= <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>
NDT	= <i>Non-Destruktif Test</i>
PLT	= <i>Point Load Test</i>
UCS	= <i>uniaxial compressive strength</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
OPC	= <i>Ordinary Portland Cement</i>
FAS	= Faktor Air Semen (w/c)
LVDT	= <i>Linier Variable Displacement Tranducer</i>
T	= <i>Temperature</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mortar sangat familiar penggunaannya pada proyek konstruksi, Baik untuk bangunan non struktural maupun bangunan struktural, matrix pengikat yang paling sering digunakan adalah mortar.

Mortar berdasarkan bahan pengikat mineral seperti kapur, semen, atau gipsum telah digunakan selama lebih dari 8000 tahun dalam konstruksi bangunan, sampai 1950-an, mortar mineral berbasis semen secara eksklusif diproduksi dan diterapkan yang disebut teknologi pencampuran di tempat kerja (Lutz, dkk. 2010).

Penggunaan mortar dengan campuran agregat halus, semen dan air sangat sering digunakan baik dengan perbandingan maupun tanpa perbandingan yang terukur, pada berbagai proyek konstruksi khususnya rumah tinggal atau bangunan sederhana lainnya penggunaan mortar sangat sering kita jumpai pada berbagai kegiatan, mulai dari pemasangan pondasi batu kali/ batu gunung, pemasangan dinding bata, plasteran dinding batu bata, maupun pemasangan lantai keramik. Hal ini dikarenakan mortar berbasis semen hidrasi (*hydrated cement*) mudah dibuat dan material penyusunnya mudah didapatkan diberbagai tempat.

Material penyusun mortar yang sering digunakan adalah bahan perekat semen, agregat halus (pasir) dan air. Untuk bahan semen



pada umumnya menggunakan semen campuran (*blended cement*) yaitu Semen Portland komposit (PCC), hal ini dikarenakan harganya yang terjangkau, mudah didapatkan serta memiliki daya ikat yang baik terhadap material lain. Permintaan bahan konstruksi secara bertahap meningkat tahun demi tahun dan pengikat semen Portland dikonsumsi secara besar-besaran selama berabad-abad karena kemudahan penggunaan dan sifat mengikat yang baik (Poornima, dkk. 2021).

Semen Portland komposit (PCC) membutuhkan agregat halus dan air dalam pembuatan mortar. Air berfungsi sebagai pengikat semen hingga menghasilkan pasta semen sehingga agregat halus dapat terikat dengan baik.

Pada umumnya pengaplikasian faktor air semen di lapangan sering diabaikan. Namun, penggunaan faktor air semen yang tepat dapat memberi pengaruh terhadap perilaku mekanik mortar itu sendiri, dan salah satu metode untuk menentukan perilaku mekanik mortar yaitu menggunakan metode *point load test* yang umum digunakan untuk mengukur index kekuatan batuan yang menjadi kebaharuan penelitian ini.

Atas dasar uraian pada latar belakang diatas sehingga mendasari penulis untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“Perilaku Mekanik Mortar dengan Menggunakan Semen  
Campuran”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana Perilaku mekanik mortar yang menggunakan semen campuran dengan penggunaan faktor air semen yang berbeda?
2. Bagaimana hubungan *Point Load Test* (PLT) dan kuat tekan mortar yang menggunakan semen campuran dengan penggunaan faktor air semen yang berbeda?
3. Bagaimana hubungan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan kuat tekan mortar yang menggunakan semen campuran dengan penggunaan faktor air semen yang berbeda?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

- 1 Mengidentifikasi Perilaku mekanik mortar yang menggunakan semen campuran dengan penggunaan faktor air semen yang berbeda.
- 2 Menyusun hubungan yang logis antara *Point Load Test* (PLT) dan kuat tekan mortar yang menggunakan semen campuran dengan menggunakan faktor air semen yang berbeda.
- 3 Menyusun hubungan yang logis antara *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan kuat tekan mortar yang menggunakan semen campuran dengan penggunaan faktor air semen yang berbeda.

## **1.4 Batasan Masalah**

- 1 Semen *Portland Composit* (PCC) produksi PT. Semen Tonasa digunakan sebagai semen campuran.

- 2 Pasir yang berasal dari sungai Jene'berang, Provinsi Sulawesi Selatan, digunakan sebagai agregat halus.
- 3 Sampel yang digunakan berbentuk kubus 50 mm × 50 mm × 50 mm, dan perilaku mekanik mortar diuji pada umur 7, 28 dan 90 hari.
- 4 Curing yang dilakukan adalah curing air pada suhu  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- 5 Faktor air semen (fas) yang digunakan adalah 0,53 dan 0,63

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Tulisan ini dibagi menjadi 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut :

#### **Bab I : PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, pokok bahasan dan batasan masalah, serta sistematika penulisan.

#### **Bab II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang tinjauan umum, penelitian sebelumnya mengenai Sifat mekanis mortar serta landasan teori, bahan - bahan penyusun mortar, metode pengujian benda uji.

#### **Bab III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pembahasan tentang tujuan umum mengenai mutu material yang digunakan dan juga menguraikan metodologi penelitian yang diuraikan berupa tempat dan waktu penelitian, lokasi pengambilan sampel, diagram alir penelitian, persiapan alat dan bahan,

pemeriksaan karakteristik material, perencanaan campuran mix desain, dan identifikasi benda uji.

#### **Bab IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi pembahasan karakteristik material, perilaku flow mortar, UPV, Point load, kuat tekan dan pola keretakan benda uji kubus.

#### **Bab V : PENUTUP**

Bab ini berisi simpulan mengenai analisis yang diperoleh yang disertai saran-saran yang di usulkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mortar**

##### **2.1.1 Definisi dan Penggunaan Mortar**

Mortar semen Portland adalah campuran antara pasir kwarsa, air suling dan semen Portland dengan komposisi tertentu (SNI-03-6825, 2002). Mortar pada umumnya digunakan pada bagian bangunan non struktural suatu bangunan seperti mengisi siar – siar pada susunan batu kali pada pekerjaan pondasi dangkal, siar pada pekerjaan partisi dinding bata merah (SNI 15-2094, 2000) dan siar dinding bata beton (SNI 03-0349, 1989) maupun pemasangan keramik pada pekerjaan lantai sehingga mampu mengikat dengan baik dan membentuk elemen bangunan yang kuat.

Mortar juga digunakan sebagai plesteran untuk menutupi permukaan dinding batu bata sehingga dinding lebih kokoh, terhindar dari air hujan yang dapat membuat dinding bata lembab dan mencegah paparan sinar matahari secara langsung yang dapat mengurangi ketahanan batu bata. Plesteran juga digunakan sebagai penutup permukaan pasangan batu kali atau batu gunung pada dinding – dinding saluran, talud atau dinding penahan tanah yang akan memperkuat struktur tersebut.

Kemampuan mortar untuk mengikat batu kali, batu bata atau keramik dan daya tahan mortar terhadap cuaca ditentukan oleh mutu atau kekuatan suatu campuran mortar.

**Gambar 1.** Memperlihatkan penggunaan mortar sebagai bahan pengikat siar – siar batu kali, batu bata, batako dan plesteran permukaan dinding.



Gambar 1. Pengaplikasian Mortar di lapangan. a. Aplikasi pondasi batu kali; b. Aplikasi dinding batu bata; c. Aplikasi batako; d. Aplikasi Plasteran dinding

## **2.1.2 Material Penyusun Mortar**

### **2.1.2.1 Agregat Halus (Pasir)**

Berdasarkan (SNI 03-6820, 2002) agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil olahan, dan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan, atau terak tanur tinggi.

Agregat halus (pasir) merupakan butir – butir partikel yang diikat oleh pasta semen dalam mortar.

### **2.1.2.2 Portland Semen (Semen Campuran)**

Portland Semen pertama kali dipatenkan oleh Joseph Aspdin 1824 (Trout, 2019). Sebagai bahan perekat semen merupakan bahan utama dalam konstruksi bangunan yang dapat mengikat material bahan padat menjadi kesatuan yang kuat.

Menurut (SNI 15-2049-2004) semen Portland adalah 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, sedangkan ASTM C 150 mendefinisikan semen portland sebagai “semen hidrolis” (semen yang tidak hanya mengeras dengan bereaksi dengan air) tetapi juga membentuk produk tahan air yang dihasilkan dengan

menghancurkan klinker yang pada dasarnya terdiri dari hidrolis kalsium silikat, biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai tambahan.

(SNI 15-2049, 2004) dan (ASTM C150/C150M, 2019) mengklasifikasikan tipe semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) menjadi 5 tipe yaitu :

1. Semen Tipe I yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain
2. Semen Tipe II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Tipe III yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Tipe IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Semen Tipe V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Bahan baku utama untuk pembuatan semen Portland adalah klinker terdiri dari batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) sebesar 80 % dicampur dengan bahan yang mengandung tanah liat sebagai sumber alumino-silikat, serpih, pasir, bijih besi, bauksit, abu terbang, dan terak. Kemudian



klinker semen Portland tersebut diatur dengan komposisi kimia tertentu sehingga menghasilkan 5 tipe semen yang disebutkan diatas.

Selain ke lima tipe semen portland diatas terdapat pula semen Portland campuran (*blended cement*) ASTM C 595.

Semen campur yang paling banyak beredar dipasaran khususnya diindonesia adalah Semen Portland komposit (PCC) – (Steele *et al.*, 1999) dan Semen Portland Pozzolan komposit (PPC) – (SNI 0302, 2014).

Semen Portland komposit (PCC), berdasarkan (Steele *et al.*, 1999) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

Semen Portland Pozzolan komposit (PPC) – (SNI 0302, 2014) adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus. Dalam perancangan pabrik semen ini akan digunakan proses kering dalam proses produksinya.

Sama halnya semen Portland tipe 1 – 5 Semen campur juga terbuat dari klinker semen Portland dengan perbandingan 60 % – 80 % dari massa semen ditambahkan dengan material pozzolan, abu terbang dengan perbandingan 20% – 40 % dari berat semennya.

### **2.1.2.3 Air**

Salah satu bahan dasar pembentuk mortar adalah air. Dengan penambahan air pada semen maka akan terbentuk pasta semen yang dapat mengikat agregat halus menjadi satu kesatuan, dan fungsi air juga untuk mempermudah pengerjaan (*workability*). Pada umumnya air yang dapat diminum dapat dipakai untuk campuran mortar. Menurut (SNI 6882, 2014) Air harus bersih dan bebas dari minyak, asam, alkali, garam, material organik, atau substansi lain yang merusak mortar atau logam di dalam dinding.

Penggunaan perbandingan air terhadap semen biasa dikenal dengan istilah (W/ C) atau faktor air semen (FAS) yang tepat dapat menentukan kekuatan dari mortar, penggunaan air yang terlalu berlebih dapat menyebabkan adanya rongga – rongga udara yang diakibatkan gelembung air pada proses hidrasi dan penggunaan air terlalu sedikit mengakibatkan sulit dalam pengerjaan sehingga proses hidrasi kurang sempurna.

## **2.2 Perilaku Mekanik Mortar**

Perilaku mekanik mortar adalah kemampuan benda uji mortar dalam menerima jenis gaya atau beban teretentu (P) pada luas penampang benda uji (A).

### **2.2.1 Pengujian Flow Mortar**

Uji Flow Mortar digunakan untuk mempermudah pengaplikasian mortar dalam mengikat material lain seperti pada pasangan batu dan plasteran, agar mempunyai kelacakan atau workability yang baik maka campuran ideal sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi yang ideal dari % penyebaran mortar yang digunakan.

Uji flow table digunakan sebagai parameter untuk memformulasi mortar dengan cara percobaan desain faktorial (Luciano Senfft, 2009). Perilaku dan sifat pembuatan mortar, dalam keadaan segar, terutama dipengaruhi oleh penilaian partikel, jumlah air digunakan, dan bentuk dan tekstur permukaan partikel. Proses produksi dan penerapan mortar menuntut penyesuaian dalam bahannya sehingga plastisitas dan konsistensi perlu di optimalkan sehingga memungkinkan pelaksanaan yang tepat (Elton Bauler, 2014).

### **2.2.2 Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)**

UPV merupakan salah satu pengujian yang tidak merusak benda uji atau *Non-Destruktif Test* (NDT). Pengujian ini menggunakan kecepatan gelombang ultrasonik untuk meneliti sifat material benda

uji yang dilalui gelombang tersebut. NDT merupakan metode yang sangat efektif dan efisien karena pengujian dapat langsung dilakukan dilapangan, tanpa harus benda uji dibawa ke laboratorium terlebih dahulu.

Pengujian ini dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu metode langsung (*direct method*), metode tidak langsung (*indirect method*), dan metode semi langsung (*semi direct method*).

Kecepatan gelombang tekan yang melintasi benda uji merupakan prinsip standar penggunaan penggunaan metode Ultrasonic Pulse Velocity yang tergantung pada elastic properties dan kepadatan benda ujinya.

Menurut (ASTM C 597-02, 2003) Metode uji standar Untuk Kecepatan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) yaitu gelombang dikirimkan oleh *transducer* pengirim (*transmitter*) kemudian gelombang akan ditangkap oleh *transducer* penerima (*receiver*) dengan jarak sejauh (L) dari *transducer*. Besarnya waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melalui benda uji atau disebut dengan *travel time* ( $\Delta t$ ) akan ditampilkan oleh alat ini. Oleh karena itu kecepatan gelombang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{L}{\Delta t} \quad \dots (1)$$

Keterangan:

V : Kecepatan rambat gelombang ultrasonik (km/s)

L : Panjang lintasan gelombang (m)

$\Delta t$  : Waktu tempuh (s)

Tabel 1. Klasifikasi kecepatan gelombang upv (batuan)

Kelas	Kecepatan Gelombang Longitudinal (m/s)	Terminologi Kecepatan
I	< 2500	Kecepatan sangat rendah
II	2500 - 3500	kecepatan rendah
III	3500 - 4000	kecepatan sedang
IV	4000 - 5000	kecepatan tinggi
V	> 5000	kecepatan sangat tinggi

Sumber : Anon (1979)

Tabel 2. Klasifikasi kecepatan gelombang upv (beton)

Kecepatan Gelombang Longitudinal		Kualitas Beton
km/s	ft/ s	
>4,5	> 15	Sangat Bagus
3,50 – 4,50	12 – 15	Bagus
3,00 – 3,50	10 – 12	Diragukan
2,00 – 3,00	7 – 10	Buruk
< 2,00	<7	Sangat Buruk

Sumber : International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002 : 110

$$Ed = \rho V^2 \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{(1-\mu)} \quad \dots (2)$$

Dimana :

Ed : Modulus Elastisitas Dinamik       $\rho$  : Kepadatan (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  : Poisson rasio dinamis

Menurut (A.M. Neville, 2011), nilai poisson rasio dinamis digunakan nilai antara range 0.15 – 0.22.

### 2.2.3 Point Load Test (PLT)

Pengujian beban titik atau *Point load test* (PLT) sering digunakan untuk menentukan klasifikasi massa batuan. PLT merupakan metode pengujian yang tujuannya untuk menentukan nilai kekuatan dari benda uji mortar yang mengalami beban titik. (ASTM D5731, 2016) Spesimen mortar diuji dengan memberikan beban yang semakin terkonsentrasi hingga terjadi kegagalan dengan ditandai pecahnya spesimen. Penerapan beban terkonsentrasi diterapkan melalui koaksial pelat kerucut terpotong.

Beban yang terjadi hingga spesimen mengalami kegagalan digunakan untuk menghitung indeks kekuatan beban titik.

Dari Pengujian ini nilai index kekakuan beban titik atau point load strength index ( $I_s$ ) bakal didapatkan yang akan menjadi patokan guna menentukan nilai kuat tekan batuan. Menurut . (ASTM D5731, 2016), indeks beban titik ( $I_s$ ) suatu sampel batuan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_s = F \frac{P}{D_e^2} \quad \dots (3)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 D W}{\pi}} \quad \dots (4)$$

Dimana :

$I_s$  = Index beban titik, *indek franklin* (MPa)

$P$  = Beban maksimum hingga benda uji pecah (N)

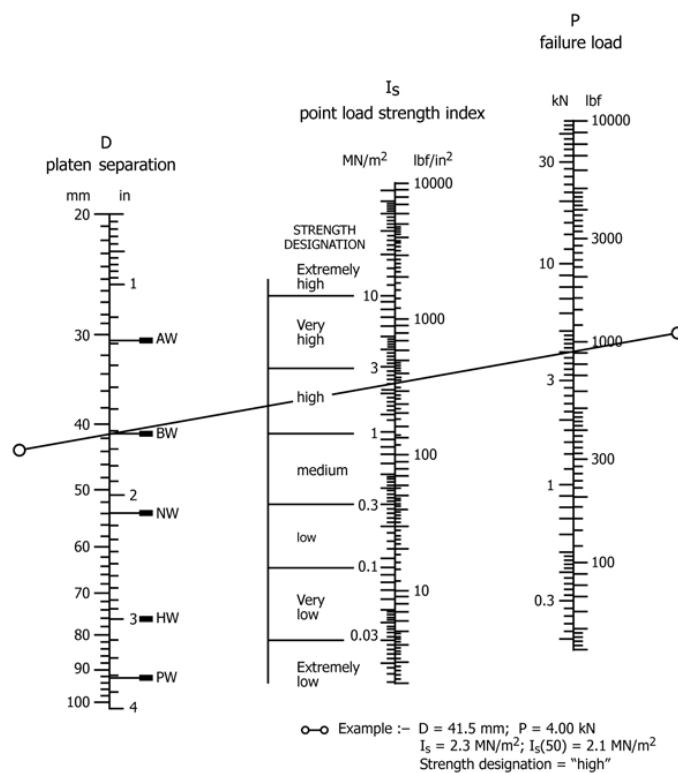
$D_e$  = Jarak konus penekan (mm)

W = Lebar benda uji (mm)

D = Tinggi benda uji (mm)

$$F = \sqrt{\frac{De}{50}} \quad \dots (5)$$

Dimana F adalah faktor koreksi benda uji. Benda uji yang kecil (mendekati 50 mm) memiliki sedikit nilai eror (ASTM 5731 – 16)



Gambar 2. Deskripsi Klasifikasi kekuatan menggunakan grafik nomograf (ASTM 5731 – 16)

#### 2.2.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan atau *uniaxial compressive strength test* merupakan salah satu pengujian yang paling sering digunakan untuk menentukan sifat mekanik benda uji yang menerima beban maksimum hingga benda uji mengalami kegagalan. Menurut (SNI-

03-6825, 2002) kekuatan tekan dari mortar yang menggunakan semen Portland adalah besarnya gaya persatuan luas penampang benda uji dengan ukuran dan usia tertentu. Uji kuat tekan menggunakan metode uji tekan mortar semen hidrolik (ASTM C109/C109M-02, 1999), Persamaan yang digunakan untuk mengukur nilai kuat tekan mortar sebagai berikut :

$$f_m = \frac{P}{A} \quad \dots(6)$$

Dimana :

$f_m$  = Kuat Tekan Mortar (MPa)

$P$  = Total Gaya Tekan Maksimum (N)

$A$  = Luas Permukaan yang dibebani (mm<sup>2</sup>)

Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

1. Jenis semen, kualitas semen, dan nilai FAS (w/ c).
2. Usia mortar, pada kondisi normal kekuatan mortar akan bertambah seiring bertambahnya usia mortar.
3. Karakteristik material yang digunakan.

### **2.2.5 Densitas**

Densitas menurut (SNI 1973:2016) adalah massa per satuan volume. ukuran kerapatan massa setiap satuan volume benda.

Semakin besar masa jenis benda, maka semakin besar pula masa setiap volumenya. Densitas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:



$$D = \frac{M}{v} \quad \dots (7)$$

Keterangan:

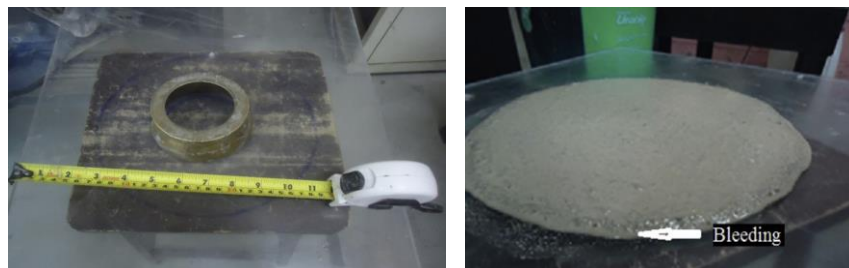
D = nilai densitas (kg/m<sup>3</sup>)    M = berat benda uji (kg)

v = volume benda uji (m<sup>3</sup>)

## 2.3 Penelitian Terdahulu

### 2.3.1 Flow Mortar

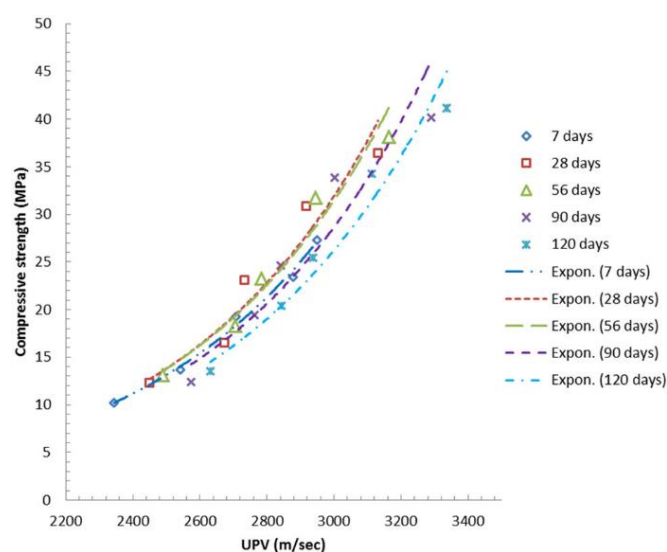
Hassan dkk., 2014 menyelidiki karakteristik aliran mortar semen yang memadat sendiri (*self consolidating*). Lima belas (15) campuran mortar semen yang berbeda disiapkan yang mengandung Semen Portland Biasa (OPC) dan campuran POFA dan PBC pada 0%/0%, 5%/5%, 10%/5%, 10%/10% dan 15 %/15% sebagai pengganti OPC. Rasio air-untuk-pengikat (W/B) dari 0,3, 0,35 dan 0,4 digunakan di semua campuran mortar. Penyebaran aliran mortar ditentukan dengan menggunakan cetakan aliran standar dan kemudian area aliran relatif diukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran mortar meningkat dengan meningkatnya kandungan POFA/PBC dan dosis HRWR sedangkan penurunan pada W/B yang lebih tinggi.



Gambar 3. pengujian aliran mortar semen Ibrahim Ogiri Hassan, dkk 2014.

### 2.3.2 Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Srivastava, dkk. 2021 melakukan studi korelasi antara kekuatan tekan dan kecepatan pulsa ultrasonik untuk memprediksi kuat tekan mortar CBA (*coal bottom ash*) menggunakan uji UPV. Eksperimen melibatkan dua campuran mortar proporsional semen-agregat halus rasio 1:3 dan 1:5 memiliki aliran standar 110-115%. Sampel mortar dicor, diawetkan di suhu ruang dan kemudian diuji pada umur pemeraman 7 hari, 28 hari, 56 hari, 90 hari dan 120 hari. Hasil menunjukkan bahwa UPV dan kekuatan tekan mortar CBA lebih rendah dibandingkan dengan kontrol mortar untuk semua tingkat penggantian di semua usia pengawetan dan untuk semua campuran. Hubungan empiris yang diperoleh antara kuat tekan dan UPV adalah eksponensial di alam dengan koefisien korelasi yang tinggi bervariasi dari 0,91 hingga 0,99.



Gambar 4. Grafik hubungan antara kuat tekan dan UPV.

Wang, dkk. 2017 melakukan penelitian sistem akustik-ultrasonik yang disempurnakan dan di-debug sendiri digunakan untuk menyelidiki pengaruh rasio semen air (rasio w/c) pada perambatan gelombang pulsa ultrasonik dan menemukan parameter evaluasi yang lebih akurat dan efektif dari pada kecepatan pulsa ultrasonik tradisional (UPV). Sebuah studi eksperimental pada uji kompresi uniaksial dan uji akustik-ultrasonik silinder mortar dengan rasio w/c yang berbeda (0,4, 0,5, 0,6) disajikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan w/c ratio menurunkan sifat mekanik mortar dengan penurunan kuat tekan dan penurunan UPV.



Gambar 5. Alat Pengujian UVP.

### 2.3.3 Point Load Test (PLT)

Yang, dkk, 2020, Melakukan uji tekan mortar pasangan bata di tempat (*in site*). Lembaran mortar dipindahkan dari sambungan pasangan bata horizontal dengan mengebor inti, Sebuah hubungan yang kuat dicatat antara kekuatan beban titik mortar dan kuat tekan kubus, mulai dari M2.5 sampai M15.0. memverifikasi bahwa PLTM menawarkan alternatif untuk uji tekan mortar pasangan bata dan

memiliki akurasi tinggi, memerlukan sedikit persiapan, dan melibatkan reproduksibel dan cepat

Kahraman, 2014 melakukan uji beban titik dan menyelidiki hubungan antara kekuatan tekan uniaksial (UCS) dan beban titik indeks (Is) untuk jenis batuan lunak seperti piroklastik batu. Dalam penelitian ini, hubungan antara UCS dan Is diselidiki untuk batuan piroklastik yang memiliki UCS nilainya kurang dari 50 MPa. Hubungan eksponensial yang sangat kuat ditemukan untuk batuan kering, batuan jenuh dan baik batuan kering maupun batuan jenuh. Hasilnya juga dibandingkan dengan studi dalam literatur.

Fan, dkk. 2021 melakukan uji kekuatan beban dan uji tekan uniaksial dilakukan dengan menggunakan empat jenis sampel batuan. Kemudian, serangkaian analisis statistik dilakukan berdasarkan data uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak antara dua titik pembebanan dan lebar aktual bagian patahan memainkan peran penting dan tidak dapat diabaikan untuk kegagalan spesimen batuan, tetapi efek lebar minimum penampang spesimen dapat diabaikan.