

**SKRIPSI**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TARIK  
BELAH DAN KEKUATAN LENTUR *UNDERWATER*  
*SELF-COMPACTING MORTAR* SEBAGAI MATERIAL  
*GROUTING***



**KEYNE MAHARANI  
NPM : 6101801022**

**PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2022**

**SKRIPSI**  
**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TARIK**  
**BELAH DAN KEKUATAN LENTUR *UNDERWATER***  
***SELF-COMPACTING MORTAR* SEBAGAI MATERIAL**  
***GROUTING***



**NAMA: KEYNE MAHARANI**  
**NPM: 6101801022**

**Bandung, 26 Januari 2022**

**PEMBIMBING: Herry Suryadi, Ph.D.**

**PENGUJI 1: Buen Sian, Ir., M.T.**

**PENGUJI 2: Nenny Samudra, Ir., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2022**

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Keyne Maharani

NPM : 6101801022

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / ~~disertasi~~<sup>\*)</sup> dengan judul:

Kajian Eksperimental Kekuatan Tarik Belah dan Kekuatan Lentur *Underwater Self-Compacting Mortar* Sebagai Material *Grouting*

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 7 Januari 2022



Keyne Maharani

6101801022

\*) coret yang tidak perlu

# KAJIAN EKSPERIMENTAL KEKUATAN TARIK BELAH DAN KEKUATAN LENTUR *UNDERWATER SELF- COMPACTING MORTAR* SEBAGAI MATERIAL *GROUTING*

Keyne Maharani  
NPM: 6101801022

Pembimbing: Herry Suryadi, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2022

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki kawasan perairan yang lebih luas dibandingkan kawasan daratan. Seiring dengan pembangunan infrastruktur di Indonesia, tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat pembangunan infrastruktur yang dilakukan di perairan. Perbedaan lingkungan mendorong kemajuan teknologi pengecoran untuk mengatasi tantangan yang dihadapi, salah satu contohnya adalah pengecoran mortar yang dilakukan di dalam air. Pemanfaatan *self-compacting mortar* dapat digunakan sebagai solusi untuk mengatasi kendala pengecoran campuran mortar yang digunakan sebagai material *grouting*. Keunggulan dari *self-compacting mortar* dalam kondisi segar dapat dimanfaatkan untuk pengecoran di dalam air. Pada kajian eksperimental ini akan mempelajari mengenai kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur yang dihasilkan dari pengecoran *self-compacting mortar* di dalam air. Perencanaan proporsi campuran *self-compacting mortar* menggunakan metode volume absolut. Pembuatan campuran menggunakan *Anti Washout Admixture* (AWA) untuk meminimalisir kehilangan material pada saat pengecoran di dalam air serta *silica fume* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi sebesar 5%, 7,5%, dan 10%. Pengujian kekuatan tarik belah menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 50 mm dan tinggi 100 mm serta pengujian kekuatan lentur menggunakan benda uji berbentuk balok dengan dimensi 40 × 40 × 160 mm. Pengujian kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur untuk seluruh variasi *silica fume* dilakukan pada umur uji 7, 14, dan 28 hari. Nilai kekuatan tarik belah dari hasil pengujian pada umur 28 hari untuk variasi *silica fume* sebesar 5%, 7,5%, dan 10% secara berurutan adalah 2,10 MPa, 1,82 MPa, dan 2,76 MPa. Nilai kekuatan lentur dari hasil pengujian pada umur 28 hari untuk variasi *silica fume* sebesar 5%, 7,5%, dan 10% secara berurutan adalah 6,00 MPa, 4,74 MPa, dan 5,25 MPa. Nilai koefisien (k) hubungan kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah untuk variasi *silica fume* sebesar 5%, 7,5%, dan 10% secara berurutan adalah 0,395, 0,490, dan 0,606. Nilai koefisien (k) hubungan kekuatan tekan dan kekuatan lentur untuk variasi *silica fume* sebesar 5%, 7,5%, dan 10% secara berurutan adalah 1,145, 1,301, dan 1,423. Pada penelitian ini, kekuatan tarik belah terbesar diperoleh dari penggunaan kadar *silica fume* sebesar 10% yaitu 2,76 MPa dan kekuatan lentur terbesar diperoleh dari penggunaan kadar *silica fume* sebesar 5% yaitu 6,00 MPa.

**Kata Kunci:** *underwater self-compacting mortar*, kekuatan tarik belah, kekuatan lentur, volume absolut, *silica fume*, *Anti Washout Admixture* (AWA).

# EXPERIMENTAL STUDY ON SPLITTING TENSILE STRENGTH AND FLEXURAL STRENGTH OF UNDERWATER SELF-COMPACTING MORTAR AS GROUTING MATERIAL

**Keyne Maharani**  
**NPM: 6101801022**

**Advisor: Herry Suryadi, Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL**  
**ENGINEERING**

(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

**BANDUNG**  
**JANUARY 2022**

## ABSTRACT

Indonesia is a country that has a wider water area than the land area. Along with infrastructure development in Indonesia, it cannot be denied that there is infrastructure development carried out in the water. Environmental differences encourage the advancement of foundry technology to overcome the challenges faced, one of the example is mortar casting which is carried out in water. Utilization of self-compacting mortar can be used as a solution to overcome the problems of casting mortar mixture used as a grouting material. The advantages of self-compacting mortar in fresh condition can be utilized for casting in water. In this experimental study, will be studied the splitting tensile strength and flexural strength resulting from casting self-compacting mortar in water. Planning the proportion of self-compacting mortar mixture using absolute volume method. The mixture was made using Anti Washout Admixture (AWA) to minimize material loss when casting in water and silica fume as a partial replacement of cement with variations of 5%, 7.5%, and 10%. The splitting tensile strength test used a cylindrical specimen with diameter of 50 mm and height of 100 mm also flexural strength test used a beam-shaped specimen with dimensions of 40 × 40 × 160 mm. The splitting tensile strength and flexural strength tests for all variations of silica fume were carried out at the test ages of 7, 14, and 28 days. The splitting tensile strength values from the test results at the age of 28 days for variations in silica fume of 5%, 7.5%, and 10% respectively were 2.10 MPa, 1.82 MPa, and 2.76 MPa. The flexural strength values from the test results at the age of 28 days for variations in silica fume of 5%, 7.5%, and 10% respectively were 6.00 MPa, 4.74 MPa, and 5.25 MPa. The coefficient value (k) of the relationship between compressive strength and splitting tensile strength for variations in silica fume of 5%, 7.5%, and 10%, respectively, is 0.395, 0.490, and 0.606. The coefficient value (k) of the relationship between compressive strength and flexural strength for variations in silica fume of 5%, 7.5%, and 10%, respectively, is 1.145, 1.301, and 1.423. In this study, the highest splitting tensile strength was obtained from the use of silica fume content of 10% that is 2.76 MPa and the highest flexural strength was obtained from the use of silica fume content of 5% that is 6.00 MPa.

**Keywords:** underwater self-compacting mortar, splitting tensile strength, flexural strength, absolute volume, silica fume, Anti Washout Admixture (AWA).

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kajian Eksperimental Kekuatan Tarik Belah dan Kekuatan Lentur *Underwater Self-Compacting Mortar* Sebagai Material *Grouting*”. Skripsi merupakan salah satu syarat untuk memenuhi studi S-1 di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Selama proses pembuatan skripsi ini, tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat kesulitan yang penulis alami. Akan tetapi, penulis selalu mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam menangani kesulitan tersebut. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada:

1. Bapak Herry Suryadi, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan membantu penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
2. Bapak Teguh Farid, S.T., Bapak Heri Rustandi, dan Bapak Markus Didi yang membantu penulis selama proses persiapan bahan sampai pengujian benda uji di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.
3. Seluruh dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan yang hadir dan memberikan saran pada seminar judul, seminar isi, dan sidang.
4. Orang tua dan kakak penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa selama proses pembuatan skripsi ini.
5. Elsa Marvella selaku teman seperjuangan *Underwater Self-Compacting Mortar* yang telah membantu dan mendukung selama proses proses pembuatan skripsi.
6. Hermawan, Harum Yusuf, Naga Wijaya, Jose Vincent Wijaya, Callista Nolan, Andreas Davin Susilo, Jonathan Tirtadjaja, Andrew Quantum, Alreza Arfahan, Patricia Aurelia Rusli, dan Juan Khaleb selaku teman – teman seperjuangan di Laboratorium Teknik Struktur Universitas Katolik Parahyangan.

7. Teman – teman seperjuangan skripsi lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
8. Teman – teman Teknik Sipil UNPAR angkatan 2018 yang telah membantu selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak – pihak yang membacanya.

Bandung, 4 Januari 2022



Keyne Maharani  
NPM: 6101801022



# DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| ABSTRAK.....   | i          |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | ii         |
| PRAKATA.....   | iii        |
| DAFTAR ISI.....  | v          |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....                                    | ix         |
| DAFTAR TABEL.....  | x          |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xi         |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | xiii       |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                                       | <b>1-1</b> |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1-1        |
| 1.2. Inti Permasalahan .....   | 1-2        |
| 1.3. Tujuan Penelitian .....   | 1-2        |
| 1.4. Pembatasan Masalah .....  | 1-3        |
| 1.5. Metodologi Penelitian .....                                     | 1-4        |
| 1.6. Sistematika Penulisan .....                                     | 1-5        |
| 1.7. Diagram Alir Penelitian .....                                   | 1-5        |
| <b>BAB 2 STUDI PUSTAKA .....</b>                                     | <b>2-1</b> |
| 2.1. Pengecoran di dalam Air.....                                    | 2-1        |
| 2.2. Mortar .....  | 2-1        |
| 2.3. Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i> .....                    | 2-2        |
| 2.3.1. Agregat Halus .....   | 2-2        |
| 2.3.2. Semen.....  | 2-3        |
| 2.3.3. Air .....   | 2-3        |
| 2.3.4. <i>Silica Fume</i> .....                                      | 2-4        |
| 2.3.5. <i>Anti Washout Admixture (AWA)</i> .....                     | 2-4        |
| 2.3.6. <i>Superplasticizer</i> .....                                 | 2-5        |
| 2.4. Pengujian Material Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i> ..... | 2-5        |
| 2.4.1. Pengujian <i>Specific Gravity</i> Agregat Halus .....         | 2-5        |
| 2.4.2. Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen.....                  | 2-6        |



|                                   |  |      |
|-----------------------------------|--|------|
| 2.4.3.                            | Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> .....        | 2-6  |
| 2.4.4.                            | Pengujian Absorpsi .....                                   | 2-6  |
| 2.4.5.                            | Pengujian <i>Fineness Modulus</i> .....                    | 2-7  |
| 2.5.                              | <i>Mix Design</i> .....                                    | 2-7  |
| 2.6.                              | Pengujian Parameter <i>Self-Compacting Mortar</i> .....    | 2-9  |
| 2.6.1.                            | Pengujian <i>Slump Flow Self-Compacting Mortar</i> .....   | 2-9  |
| 2.6.2.                            | Pengujian <i>Flow Time Self-Compacting Mortar</i> .....    | 2-9  |
| 2.7.                              | <i>Grouting</i> .....                                      | 2-10 |
| 2.8.                              | Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ).....                 | 2-10 |
| 2.9.                              | Pengujian Kekuatan Lentur.....                             | 2-10 |
| 2.10.                             | Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....                       | 2-11 |
| 2.11.                             | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur .....          | 2-12 |
| 2.12.                             | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah .....     | 2-12 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN ..... |  | 3-1  |
| 3.1.                              | Persiapan Material .....                                   | 3-1  |
| 3.1.1.                            | Agregat Halus .....  | 3-1  |
| 3.1.2.                            | Semen Portland Komposit (PCC) .....                        | 3-1  |
| 3.1.3.                            | Air .....  | 3-2  |
| 3.1.4.                            | <i>Silica Fume</i> .....                                   | 3-2  |
| 3.1.5.                            | <i>Anti Washout Admixture (AWA)</i> .....                  | 3-3  |
| 3.1.6.                            | <i>Superplasticizer</i> .....                              | 3-3  |
| 3.2.                              | Pengujian Material .....                                   | 3-4  |
| 3.2.1.                            | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir Galunggung .....   | 3-4  |
| 3.2.2.                            | Pengujian Absorpsi Pasir Galunggung .....                  | 3-5  |
| 3.2.3.                            | Pengujian <i>Fineness Modulus</i> Pasir Galunggung.....    | 3-6  |
| 3.2.4.                            | Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen.....               | 3-8  |
| 3.2.5.                            | Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> .....        | 3-10 |
| 3.3.                              | Perhitungan <i>Mix Design Self-Compacting Mortar</i> ..... | 3-11 |
| 3.4.                              | Proporsi Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i> .....      | 3-12 |
| 3.5.                              | Pembuatan <i>Underwater Self-Compacting Mortar</i> .....   | 3-12 |
| 3.6.                              | Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ).....                 | 3-15 |
| 3.7.                              | Pengujian Kekuatan Lentur.....                             | 3-16 |

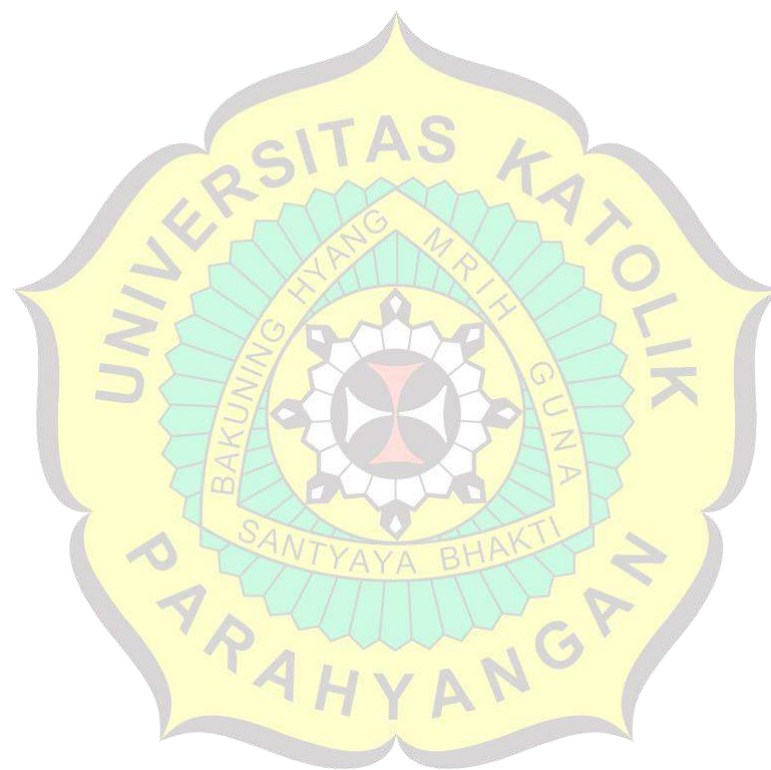
|                                  |   |      |
|----------------------------------|---|------|
| 3.8.                             | Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....                                    | 3-17 |
| BAB 4 ANALISIS PENGUJIAN .....   |   | 4-1  |
| 4.1.                             | Analisis Pengujian <i>Slump Flow</i> .....                              | 4-1  |
| 4.2.                             | Analisis Pengujian <i>Flow Time</i> .....                               | 4-1  |
| 4.3.                             | Analisis Pengujian Kekuatan Lentur .....                                | 4-2  |
| 4.3.1.                           | Kekuatan Lentur UWSCM-SF-5% .....                                       | 4-3  |
| 4.3.2.                           | Kekuatan Lentur UWSCM-SF-7,5% .....                                     | 4-4  |
| 4.3.3.                           | Kekuatan Lentur UWSCM-SF-10% .....                                      | 4-5  |
| 4.3.4.                           | Perbandingan Kekuatan Lentur UWSCM .....                                | 4-6  |
| 4.4.                             | Analisis Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....                           | 4-7  |
| 4.4.1.                           | Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-5% .....                                  | 4-7  |
| 4.4.2.                           | Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-7,5% .....                                | 4-8  |
| 4.4.3.                           | Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-10% .....                                 | 4-9  |
| 4.4.4.                           | Perbandingan Kekuatan Tarik Belah UWSCM .....                           | 4-10 |
| 4.5.                             | Analisis Massa Jenis Benda Uji .....                                    | 4-11 |
| 4.6.                             | Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur .....              | 4-11 |
| 4.6.1.                           | Hubungan Kekekutan Tekan dan Kekuatan Lentur UWSCM-SF-5% ..<br>.....    | 4-12 |
| 4.6.2.                           | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur UWSCM-SF-7,5% .....         | 4-13 |
| 4.6.3.                           | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur UWSCM-SF-10% .....          | 4-13 |
| 4.7.                             | Analisis Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah .....         | 4-14 |
| 4.7.1.                           | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-5% .<br>..... | 4-14 |
| 4.7.2.                           | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-7,5%<br>..... | 4-15 |
| 4.7.3.                           | Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-10%<br>.....  | 4-16 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN ..... |   | 5-1  |
| 5.1.                             | Kesimpulan .....  | 5-1  |
| 5.2.                             | Saran .....   | 5-2  |
| DAFTAR PUSTAKA                   |   |      |

UCAPAN TERIMA KASIH

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 2

LAMPIRAN 3



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|                     |   |
|---------------------|---|
| ACI                 | : <i>American Concrete Institute</i>  |
| ASTM                | : <i>American Society for Testing and Material</i>                              |
| AWA                 | : <i>Anti Washout Admixture</i>   |
| Ca(OH) <sub>2</sub> | : Kalsium hidroksida  |
| CSH                 | : Kalsium silikat hidrat  |
| EFNARC              | : <i>European Federation of National Associations Representing for Concrete</i> |
| $f_{im}$            | : Kekuatan lentur mortar (MPa)  |
| $f_m$               | : Kekuatan tekan mortar (MPa)   |
| FM                  | : <i>Fineness Modulus</i>   |
| $f_{tm}$            | : Kekuatan tarik belah mortar (MPa)   |
| k                   | : Nilai koefisien   |
| OD                  | : <i>Oven Dry</i>   |
| PCC                 | : <i>Portland Composite Cement</i>  |
| PVC                 | : <i>PolyVinyl Chloride</i>   |
| R <sup>2</sup>      | : Koefisien determinasi   |
| SCM                 | : <i>Self-Compacting Mortar</i>   |
| SF                  | : <i>Silica Fume</i>  |
| SG                  | : <i>Specific Gravity</i>   |
| SiO <sub>2</sub>    | : Silika  |
| SNI                 | : Standar Nasional Indonesia  |
| SO <sub>3</sub>     | : Sulfur trioksida  |
| SSD                 | : <i>Saturated Surface Dry</i>  |
| UWSCM               | : <i>Underwater Self-Compacting Mortar</i>                                      |
| w/b                 | : <i>Water – to – binder ratio</i>  |
| $\alpha$            | : Persentase semen yang digunakan dalam campuran                                |
| $\beta$             | : Persentase <i>silica fume</i> yang digunakan dalam campuran                   |

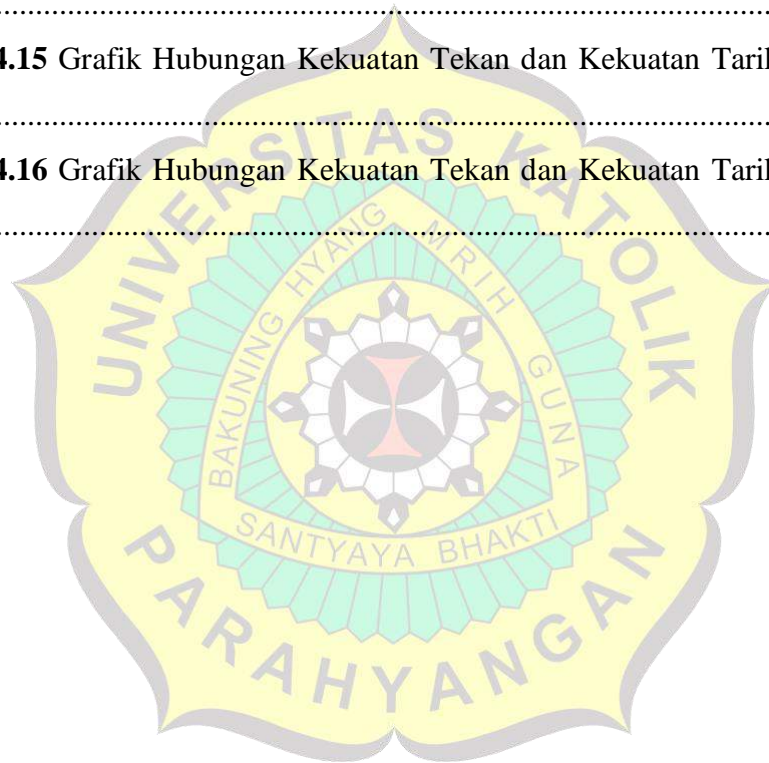
## DAFTAR TABEL

|   |      |
|---|------|
| <b>Tabel 1.1</b> Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tarik Belah .....                            | 1-4  |
| <b>Tabel 1.2</b> Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur.....                                  | 1-4  |
| <b>Tabel 2.1</b> Persen Lolos Agregat Halus Menurut ASTM C33 .....                            | 2-2  |
| <b>Tabel 3.1</b> Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Pasir Galunggung.....                | 3-5  |
| <b>Tabel 3.2</b> Hasil Pengujian Absorpsi Pasir Galunggung .....                              | 3-6  |
| <b>Tabel 3.3</b> Hasil Pengujian FM Pasir Galunggung Sampel 1 .....                           | 3-7  |
| <b>Tabel 3.4</b> Hasil Pengujian FM Pasir Galunggung Sampel 2.....                            | 3-8  |
| <b>Tabel 3.5</b> Hasil Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen.....                           | 3-9  |
| <b>Tabel 3.6</b> Hasil Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> .....                    | 3-11 |
| <b>Tabel 3.7</b> Proporsi Campuran <i>Self-Compacting Mortar</i> dalam 1 m <sup>3</sup> ..... | 3-12 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i> .....                                      | 4-1  |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian <i>Flow Time</i> .....                                       | 4-2  |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-5% .....                            | 4-3  |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-7,5% .....                          | 4-4  |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-10% .....                           | 4-5  |
| <b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Lentur .....                           | 4-6  |
| <b>Tabel 4.7</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-5%.....                        | 4-7  |
| <b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-7,5%.....                      | 4-8  |
| <b>Tabel 4.9</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-10%.....                       | 4-9  |
| <b>Tabel 4.10</b> Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah .....                     | 4-10 |
| <b>Tabel 4.11</b> Hasil Pengujian Massa Jenis .....   | 4-11 |
| <b>Tabel 4.12</b> Nilai Kekuatan Tekan Mortar.....  | 4-12 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |      |
|--|------|
| <b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian.....   | 1-6  |
| <b>Gambar 2.1</b> <i>Mini Slump Cone</i> .....   | 2-9  |
| <b>Gambar 2.2</b> <i>Mini V-Funnel</i> .....   | 2-10 |
| <b>Gambar 3.1</b> Pasir Galunggung .....   | 3-1  |
| <b>Gambar 3.2</b> Semen Portland Komposit (PCC).....                                   | 3-2  |
| <b>Gambar 3.3</b> Air .....  | 3-2  |
| <b>Gambar 3.4</b> <i>Silica Fume</i> .....   | 3-3  |
| <b>Gambar 3.5</b> <i>Anti Washout Admixture (AWA)</i> .....                            | 3-3  |
| <b>Gambar 3.6</b> <i>Superplasticizer</i> .....  | 3-4  |
| <b>Gambar 3.7</b> Alat <i>Sieve Shaker</i> .....                                       | 3-6  |
| <b>Gambar 3.8</b> Grafik Gradasi Pasir Galunggung Sampel 1.....                        | 3-7  |
| <b>Gambar 3.9</b> Grafik Gradasi Pasir Galunggung Sampel 2.....                        | 3-8  |
| <b>Gambar 3.10</b> Pengujian <i>Specific Gravity</i> Semen.....                        | 3-10 |
| <b>Gambar 3.11</b> Pengujian <i>Specific Gravity Silica Fume</i> .....                 | 3-11 |
| <b>Gambar 3.12</b> Alat-alat pembuatan <i>underwater self-compacting mortar</i> .....  | 3-12 |
| <b>Gambar 3.13</b> Campuran mortar dalam cetakan .....                                 | 3-14 |
| <b>Gambar 3.14</b> Pengecekan <i>Slump Flow</i> Campuran Mortar .....                  | 3-15 |
| <b>Gambar 3.15</b> Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ) .....                         | 3-16 |
| <b>Gambar 3.16</b> Tanda Pengujian Kekuatan Lentur .....                               | 3-17 |
| <b>Gambar 3.17</b> Pengujian Kekuatan Lentur Pada Balok.....                           | 3-17 |
| <b>Gambar 3.18</b> Silinder dalam <i>Jig</i> .....                                     | 3-18 |
| <b>Gambar 3.19</b> Pengujian Kekuatan Tarik Belah Pada Silinder.....                   | 3-18 |
| <b>Gambar 4.1</b> Grafik Hubungan <i>Slump Flow</i> dan Kadar <i>Silica Fume</i> ..... | 4-1  |
| <b>Gambar 4.2</b> Grafik Hubungan <i>Flow Time</i> dan Kadar <i>Silica Fume</i> .....  | 4-2  |
| <b>Gambar 4.3</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-5% .....                    | 4-3  |
| <b>Gambar 4.4</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-7,5% .....                  | 4-4  |
| <b>Gambar 4.5</b> Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM-SF-10% .....                   | 4-5  |
| <b>Gambar 4.6</b> Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Lentur UWSCM.....              | 4-6  |
| <b>Gambar 4.7</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-5% .....               | 4-8  |
| <b>Gambar 4.8</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-7,5% .....             | 4-9  |
| <b>Gambar 4.9</b> Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM-SF-10% .....              | 4-10 |

|  |      |
|--|------|
| <b>Gambar 4.10</b> Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Belah UWSCM .....         | 4-11 |
| <b>Gambar 4.11</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur SF-5% .....        | 4-13 |
| <b>Gambar 4.12</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur SF-7,5% .....      | 4-13 |
| <b>Gambar 4.13</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Lentur SF-10% .....       | 4-14 |
| <b>Gambar 4.14</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah SF-5% .....   | 4-15 |
| <b>Gambar 4.15</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah SF-7,5% ..... | 4-15 |
| <b>Gambar 4.16</b> Grafik Hubungan Kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah SF-10% .....  | 4-16 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |      |
|---|------|
| LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN PENGUJIAN MATERIAL.....        | L1-1 |
| LAMPIRAN 2 CONTOH PERHITUNGAN <i>MIX DESIGN</i> ..... | L2-1 |
| LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENELITIAN .....               | L3-1 |





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, Indonesia sedang gencar melakukan pembangunan infrastruktur. Hal tersebut dilakukan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi serta konektivitas antar wilayah (KemenPUPR, 2021). Indonesia merupakan negara yang memiliki luas perairan lebih besar daripada luas daratan. Dari luas total wilayah Indonesia sekitar 7,81 km<sup>2</sup>, seluas 3,25 juta km<sup>2</sup> merupakan lautan dan 2,55 juta km<sup>2</sup> merupakan Zona Ekonomi Eksklusif (DitjenPRL, 2020). Dengan luasnya perairan di Indonesia, tidak sedikit pula pembangunan infrastruktur yang dilakukan pada perairan. Perbedaan lingkungan dapat menjadi tantangan tersendiri dalam dunia konstruksi, salah satunya adalah kondisi kerja yang sulit. Dengan kondisi kerja yang sulit, penempatan beton dan material lain di dalam air rentan untuk mengalami pelaksanaan konstruksi yang kurang baik (ACI 546.2R, 2010). Hal ini mengakibatkan beton yang dihasilkan kurang baik dan perlu perbaikan. Di tengah pembangunan infrastruktur yang sedang gencar dan untuk menangani tantangan pembangunan infrastruktur pada perairan di Indonesia, diperlukan kemajuan teknologi konstruksi. Salah satu contohnya adalah teknologi pengecoran mortar memadat sendiri di dalam air yang digunakan sebagai material *grouting*.

Pada umumnya mortar hanya digunakan sebagai material plesteran dan pengikat, yang merupakan hasil campuran dari pasir, air, dan semen. Namun kenyataannya mortar juga dapat berfungsi sebagai salah satu material perbaikan beton normal maupun beton bertulang. Dalam perbaikan dan rehabilitasi struktur beton bertulang, *self-compacting* mortar dipilih secara khusus untuk digunakan (Courard et al., 2002). *Self-compacting mortar* merupakan mortar yang dapat mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan pemadatan. *Self-compacting* mortar merupakan salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari *self-compacting concrete* (Tuaum et al., 2018). Definisi *self-compacting concrete* berdasarkan EFNARC tahun 2002 adalah walaupun beton memiliki tulangan yang rapat, beton

dapat mengalir akibat beratnya sendiri tanpa memerlukan getaran, dan memenuhi bekisting sembari menjaga homogenitas.

Perbaikan beton tersebut dikenal sebagai *grouting* yang dilakukan dengan cara menambahkan campuran mortar ke dalam beton yang mengalami kerusakan. Berdasarkan publikasi *Concrete Construction*, *grouting* di dalam air dapat dilakukan, terbukti dengan adanya seorang kontraktor asal Florida yang berhasil mengembangkan teknik *grouting* di dalam air untuk menghentikan kebocoran di jalur laut. Mortar termasuk dalam salah satu material perbaikan beton yang dilakukan di dalam air (ACI 546.2R, 2010). *Grouting* yang dilakukan di dalam air perlu menggunakan mortar yang dapat melindungi beton dari air serta dapat memadat sendiri. Hal ini dikarenakan pada saat melakukan pengecoran atau penambahan campuran mortar di dalam air, sulit untuk melakukan inspeksi dan perawatan. Untuk menangani hal tersebut peneliti melakukan pengujian pengecoran mortar memadat sendiri di dalam air yang digunakan sebagai material *grouting*.

### **1.2. Inti Permasalahan**

Mempelajari pengaruh pengecoran *self-compacting* mortar di dalam air terhadap sifat kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur mortar yang digunakan sebagai material *grouting*.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian terhadap *underwater self-compacting* mortar memiliki beberapa tujuan, yaitu:

1. Membandingkan hasil kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur *underwater self-compacting* mortar dengan variasi kadar *silica fume*.
2. Membuat hubungan antara hasil kekuatan tekan baik dengan kekuatan tarik belah maupun kekuatan lentur.

#### 1.4. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan merupakan pasir Galunggung yang lolos saringan ASTM no. 4 (4,75 mm).
2. Semen yang digunakan merupakan *Portland Composite Cement* (PCC) merek semen tiga roda.
3. Rasio air terhadap *binder* (w/b) ditetapkan sebesar 0,35.
4. *Anti Washout Admixture* (AWA) yang digunakan merupakan jenis Mastermatrix UW 480 yang berasal dari PT. Master Builder Solution Indonesia.
5. Penggunaan *silica fume* dalam campuran *self-compacting mortar* divariasikan sebesar 5%, 7,5%, dan 10% dari total massa *binder*.
6. Kriteria pengujian parameter *self-compacting* mortar berdasarkan pada *European Federation of National Associations Representing for Concrete* (EFNARC), yaitu pengujian *slump flow* menggunakan *mini slump cone* dan *flow time* menggunakan *mini V-funnel*.
7. Perhitungan kebutuhan campuran menggunakan metode volume absolut.
8. Pengecoran dilakukan di dalam air tawar dan tidak ada arus.
9. Pengujian kekuatan tarik belah mortar dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian kekuatan tarik belah pada beton menurut ASTM C496. Pengujian dilakukan pada benda uji silinder ukuran diameter 50 mm dan tinggi 100 mm pada umur 7, 14, dan 28 hari.
10. Pengujian kekuatan lentur mengacu pada ASTM C348. Pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk balok ukuran  $40 \times 40 \times 160$  mm pada umur 7, 14, dan 28 hari.

**Tabel 1.1** Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Tarik Belah

| <b>Jenis Pengujian</b>               | <b>Kadar Silica Fume (%)</b> | <b>Umur Pengujian (hari)</b> | <b>Jumlah Benda Uji (buah)</b> |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Kekuatan Tarik                       | 5                            | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| Belah Silinder                       | 7,5                          | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| d = 50 mm<br>t = 100 mm              | 10                           | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| Total Benda Uji Kekuatan Tarik Belah |                              |                              | 27                             |

**Tabel 1.2** Rekapitulasi Benda Uji Kekuatan Lentur

| <b>Jenis Pengujian</b>          | <b>Kadar Silica Fume (%)</b> | <b>Umur Pengujian (hari)</b> | <b>Jumlah Benda Uji (buah)</b> |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Kekuatan Lentur                 | 5                            | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| Balok                           | 7,5                          | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| 40 × 40 × 160 mm                | 10                           | 7, 14, dan 28                | 9                              |
| Total Benda Uji Kekuatan Lentur |                              |                              | 27                             |

### 1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh data yang digunakan untuk analisis. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### 1. Metode Literatur

Metode literatur merupakan tahap pengumpulan dan pengkajian informasi sebagai dasar dalam menyusun dasar teori, studi eksperimen, pengolahan data, serta analisis data eksperimen. Pengumpulan dan pengkajian informasi diperoleh dari jurnal, penelitian, buku, standar, dan peraturan yang berlaku.

#### 2. Metode Eksperimental

Metode eksperimental merupakan tahap persiapan, pembuatan, dan pengujian benda uji untuk mengetahui nilai kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur *underwater self-compacting* mortar.

#### 3. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Metode pengolahan dan analisis data merupakan tahapan untuk mengolah dan menguraikan data yang berasal dari hasil eksperimen terhadap kesesuaiannya dengan tujuan penelitian.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini, disusun sebagai berikut:

### **BAB 1: PENDAHULUAN**

Pada bab ini menguraikan mengenai latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembahasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan skripsi, serta diagram alir penelitian.

### **BAB 2: STUDI PUSTAKA**

Pada bab ini membahas mengenai dasar teori yang mendukung pelaksanaan dan analisis pengujian. Dasar teori yang dibahas merupakan komponen yang terkandung dalam pengecoran *self-compacting mortar* di dalam air (*underwater self-compacting mortar*), meliputi kekuatan tarik belah, kekuatan lentur, dan *grouting*.

### **BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini membahas mengenai langkah percobaan penelitian, yang terdiri dari persiapan, pelaksanaan, serta pengujian.

### **BAB 4: ANALISIS PENGUJIAN**

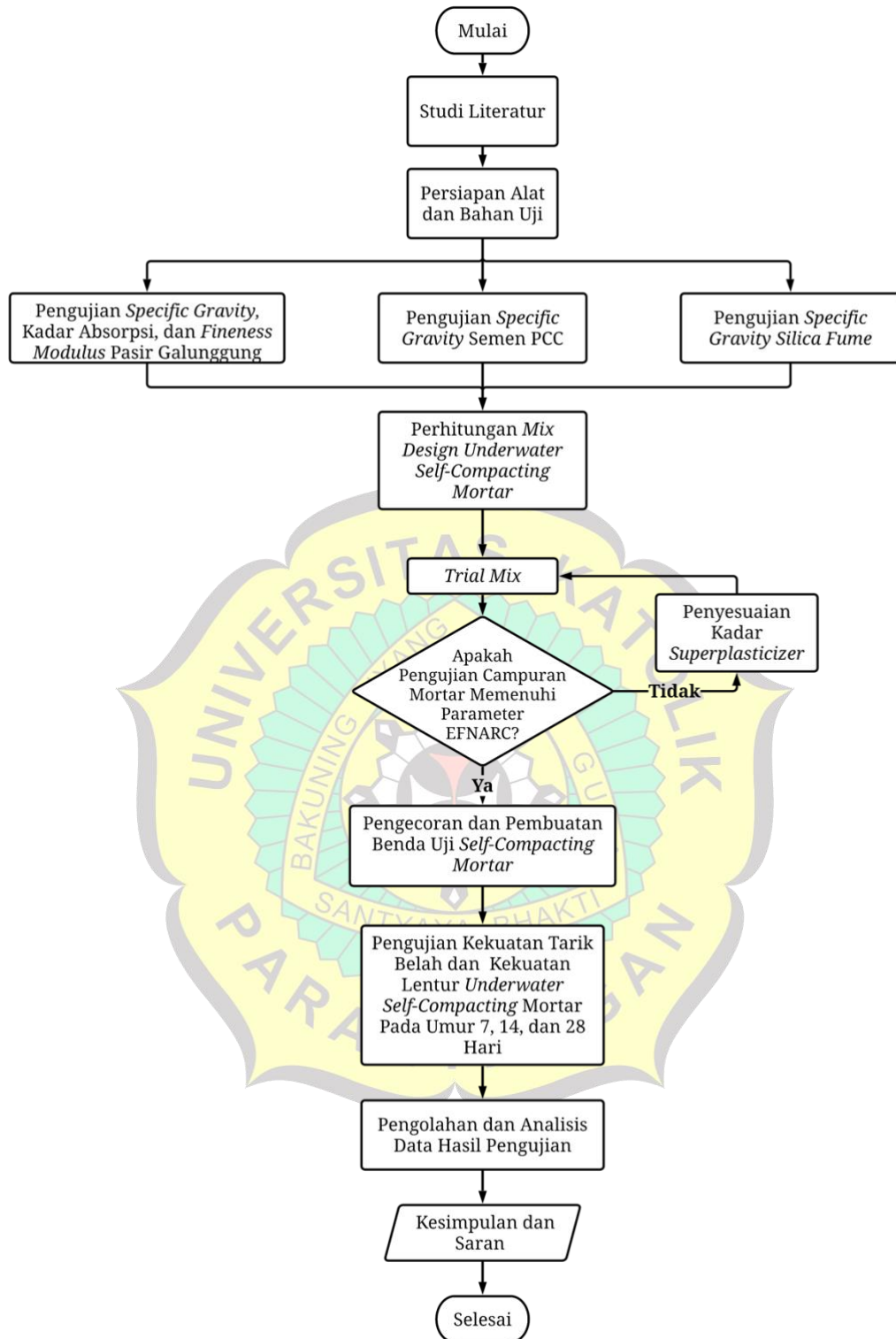
Pada bab ini membahas mengenai pengolahan data serta menguraikan data yang berasal dari hasil percobaan.

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

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis data yang telah dilakukan terhadap tujuan penelitian serta memberikan saran untuk permasalahan yang dihadapi demi memperoleh hasil penelitian yang lebih baik.

## **1.7. Diagram Alir Penelitian**

Tahapan penelitian kekuatan tarik belah dan kekekuatanan lentur *underwater self-compacting mortar* sebagai material *grouting* dilakukan sesuai dengan diagram alir seperti Gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian