



**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ABU
AMPAS TEBU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP
KUAT TEKAN BETON DENGAN PERLAKUAN
PERENDAMAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT**

TUGAS AKHIR

oleh :

Amalia Maufida

141910301061

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ABU
AMPAS TEBU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP
KUAT TEKAN BETON DENGAN PERLAKUAN
PERENDAMAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas seminar dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh :

Amalia Maufida

141910301061

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak Abdul Manap dan Ibu Yuyun Gunarsih tercinta yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apapun, dorongan, doa, dan motivasinya;
2. Kakak Achmad Hidayat Maliqi, dan adek Amanda Ayu Nur F yang selalu mendoakan, memberikan semangat serta motivasi;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Rossy Nain Nopan J, Muhammad Rizqi, Muh. Fadli Yusriansyah, Anindia N, dan Imam Junaidi yang senantiasa membantu dan menemani dalam melakukan penelitian di Laboratorium;
5. Sahabat-sahabatku Agustina Tri L, Mei Duwi P, dan Ulfa Sefti R, Eko Prasetyo yang selalu mendoakan, memberikan semangat serta motivasi;
6. Teman – teman mahasiswa Teknik Sipil 2014 yang selalu memberikan semangat dan kemudahan selama penyusunan penelitian ini;
7. Teman – teman dekatku sekalian yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(terjemahan Surat *Ar-Rad* ayat 11) *)

Agama tanpa ilmu adalah buta, Ilmu tanpa agama adalah lumpuh. **)

*) Abu Zaid Amir, 2018. *Motto Hidup Islami Dari Al Quran dan Hadits yang Paling Menginspirasi*. Bandar Lampung

**) Albert Eisntein, 1930. *Katasiana, Kumpulan Motto Hidup*.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Amalia Maufida

NIM : 141910301061

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perlakuan Perendaman Air Tawar dan Air Laut" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2018

Yang menyatakan

Amalia Maufida

NIM. 141910301061

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ABU AMPAS
TEBU SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN
BETON DENGAN PERLAKUAN PERENDAMAN AIR TAWAR DAN AIR
LAUT**

Oleh

Amalia Maufida

NIM 141910301061

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perlakuan Perendaman Air Tawar dan Air Laut " telah di uji dan di sahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 16 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP. 19710327 199803 1 003

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199802 1 001

Tim Penguji:

Penguji 1,

Penguji 2,

Syamsul Arifin, ST., MT
NIP. 19690709 199802 1 001

Winda Tri Wahyuningtyas, ST., MT
NIP. 760016772

Mengesahkan,
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perlakuan Perendaman Air Tawar dan Air Laut; Amalia Maufida, 141910301061; 2018: 72 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Akhir – akhir ini banyak dikembangkan bahan tambah penyusun beton, salah satu diantaranya yaitu abu sekam padi dan abu ampas tebu. Abu sekam padi dan abu ampas tebu mengandung *pozzolan* berupa silika (SiO_2). Jika *pozzolan* ditambahkan ke dalam semen, maka akan bereaksi dengan kalsium hidroksida yang akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H). Reaksi *pozzolan* dengan kalsium hidroksida mempunyai beberapa keuntungan terhadap lingkungan yang agresif. Pada kondisi lingkungan yang normal abu sekam padi dan abu ampas tebu juga dapat meningkatkan kuat tekan beton, serta menghemat penggunaan bahan baku semen dalam hal ini klinker karena memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi. Dari tinjauan tersebut akan dilakukan penelitian terhadap pengaruh penggunaan abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dengan benda uji silinder berukuran $\varnothing 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$. Komposisi abu sekam padi (ASP) dan abu ampas tebu (AAT) sebesar 10% dari jumlah semen. Ada 4 variasi proporsi campuran beton yaitu 0% ASP + 0% AAT; 2,5% ASP + 7,5% AAT; 5% ASP + 5% AAT; dan 7,5% ASP + 2,5% AAT. Faktor air semen yang digunakan yaitu 0,48. Adapun perlakuan perendaman menggunakan 2 perendaman yaitu pada air tawar dan pada air laut selama 28 hari.

Hasil penelitian didapatkan penambahan abu sekam padi dan abu ampas tebu mempengaruhi kuat tekan beton. Pada kondisi perendaman air tawar didapatkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 29,81 Mpa pada proporsi 2,5 % ASP + 7,5 % AAT, sedangkan pada kondisi perendama air laut di dapatka kuat tekan beton tertinggi sebesar 33,04 Mpa pada proporsi 2,5% ASP + 7,5 % AAT. Perlakuan perendaman pada air laut cenderung menghasilkan kuat tekan beton

tinggi, hipotesis tersebut disebabkan air laut yang mampu meningkatkan kuat tekan beton di usia dini, dikarenakan adanya kandungan klorida pada air laut yang membentuk kristal garam friedel pada beton.



SUMMARY

The Effect Of Using Rice Husk Ash And Bagasse Ash As Cement Partial Substitution Of Concrete Compressive Strength With Immersion Treatment Of Fresh Water And Sea Water; Amalia Maufida, 141910301061; 2018: 72 pages; Department of Civil Engineering; the Faculty of Engineering; Jember University

Later developed a lot of concrete added materials, one of which is rice husk ash and bagasse ash. Rice husk ash and bagasse ash contain pozzoland in the form of silica (SiO_2). If pozzoland is added to the cement, it will react with calcium hydroxide which will produce calcium silicate hydrate (C-S-H). Pozzoland reaction with calcium hydroxide has several advantages to aggressive environment. Under normal environmental conditions, rice husk ash and bagasse ash can also increase the compressive strength of the concrete, as well as save the use of cement raw materials in this case clinker because it has a high SiO_2 content. From these reviews will be conducted research on the effect of rice husk ash and bagasse ash as cement substitution to the compressive strength of concrete with the treatment of fresh water immersion and seawater.

This research uses experimental method, with cylindrical test object measuring $\varnothing 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$. The composition of rice husk ash (ASP) and bagasse ash (AAT) is 10% of the total cement. There are 4 variations of the proportion of concrete mixture ie 0% ASP + 0% AAT; 2,5% ASP + 7,5% AAT; 5% ASP + 5% AAT; and 7,5% ASP + 2,5% AAT. The water cement factor used is 0.48. The immersion treatment using 2 immersion that is on fresh water and at seawater for 28 days.

The results showed that the addition of rice husk ash and bagasse ash affects the compressive strength of concrete. In freshwater immersion condition, the highest concrete strength of 29,81 Mpa was obtained in proportion 2,5% ASP + 7,5% AAT, whereas in seawater immersion condition in the highest concrete compressive strength of 33,04 Mpa at proportion 2,5% ASP + 7,5% AAT. Treatment of immersion in seawater tends to produce high concrete compressive

strength, the hypothesis is caused by seawater that can increase the compressive strength of concrete at an early age, due to the chloride content in the seawater that form friedel salt crystals in the concrete.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Perlakuan Perendaman Air Tawar dan Air Laut*”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dwi Nurtanto S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota 1, Bapak Syamsul Arifin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 1, dan Ibu Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 2 yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini;
4. Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Bapak Moch. Akir, selaku Teknisi Laboratorium Struktur yang telah membimbing selama penulis melakukan penelitian di Laboratorium;
6. Bapak maupun Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Juli 2018

Penulis

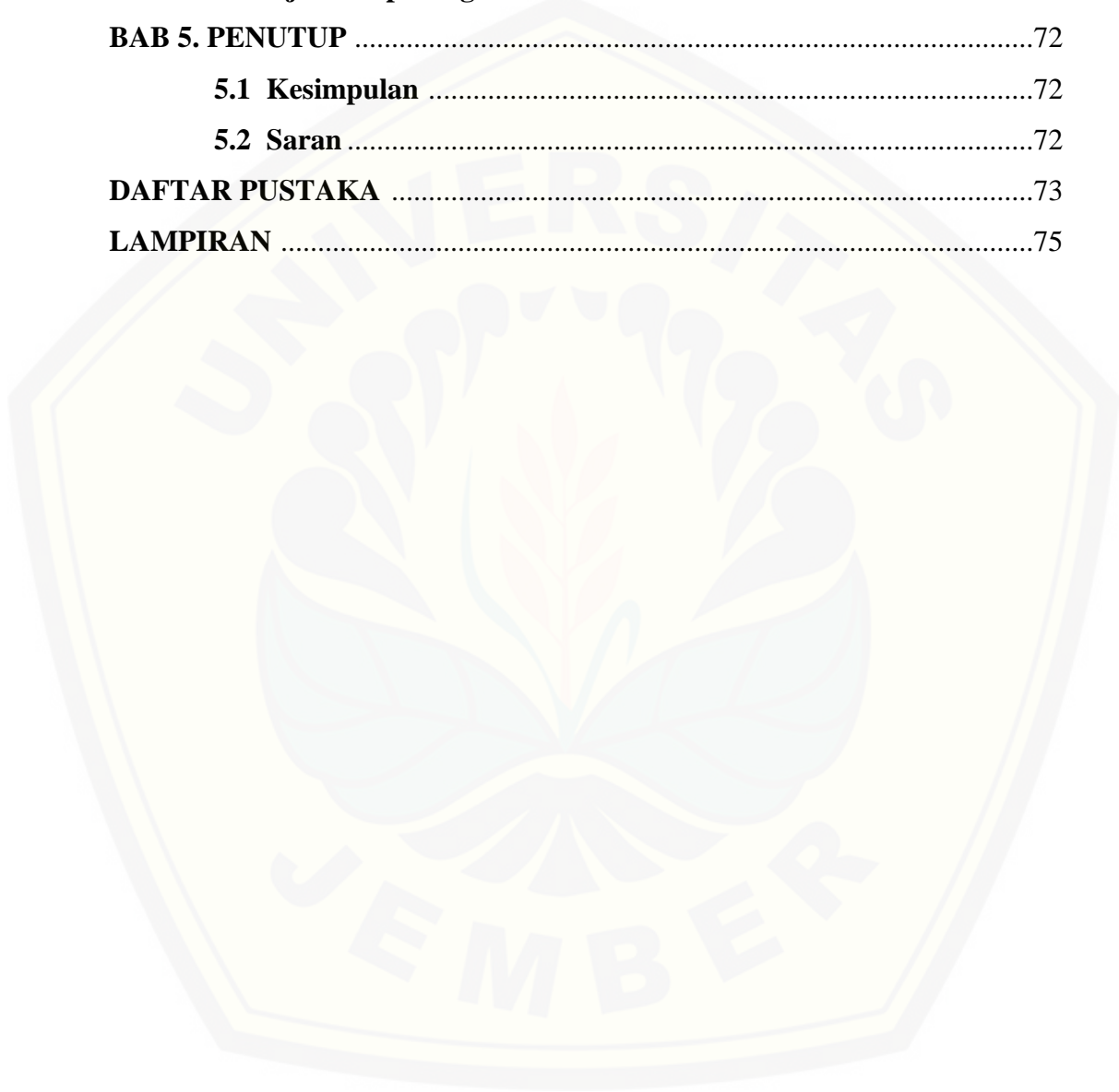
DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN/SUMMARY | viii |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Beton | 4 |
| 2.2 Material Penyusun Beton | 4 |
| 2.2.1 Semen Portland (PC)..... | 4 |
| 2.2.2 Agregat Halus | 5 |
| 2.2.3 Agregat Kasar | 7 |
| 2.2.4 Air | 9 |
| 2.3 Pengolahan <i>Mix Design</i> | 10 |
| 2.3.1 Menetapkan nilai deviasi standar (sd)..... | 10 |
| 2.3.2 Menghitung nilai tambah (margin) | 10 |
| 2.3.3 Menetapkan kuat tekan rata – rata yang direncanakan | 10 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 2.3.4 | Menetapkan jenis semen | 11 |
| 2.3.5 | Menetapkan faktor air semen | 11 |
| 2.3.6 | Menetapkan faktor air semen maksimum | 11 |
| 2.3.7 | Menetapkan kebutuhan semen minimum | 13 |
| 2.3.8 | Menetapkan perbandingan agregat halus dan agregat kasar | 13 |
| 2.3.9 | Berat jenis agregat campuran | 13 |
| 2.3.10 | Penentuan berat jenis beton | 14 |
| 2.3.11 | Menghitung koreksi berat agregat kasar | 14 |
| 2.4 | Abu Sekam Padi (<i>Rice Husk Ash</i>) | 15 |
| 2.5 | Abu Ampas Tebu (<i>Bagasse Ash</i>) | 17 |
| 2.6 | <i>Pozzolan</i> | 18 |
| 2.7 | Air Laut | 19 |
| 2.8 | Penelitian Terdahulu | 20 |
| 2.9 | Kuat Tekan Beton | 21 |
| 2.10 | Berat Isi Beton | 22 |
| 2.11 | Kontrol Kualitas Pekerjaan | 22 |
| 2.12 | Uji T Berpasangan | 23 |
| BAB 3. | METODOLOGI PENELITIAN | 26 |
| 3.1 | Waktu dan Tempat Penelitian | 26 |
| 3.2 | Teknik Pengumpulan Data | 26 |
| 3.3 | Instrumen Pelaksanaan | 26 |
| 3.3.1 | Peralatan | 26 |
| 3.3.2 | Bahan | 28 |
| 3.4 | Variabel Penelitian | 28 |
| 3.4.1 | Variabel Bebas (Independen) | 28 |
| 3.4.2 | Variabel Terikat (Dependen) | 29 |
| 3.4.3 | Variabel Kontrol/Pengendali | 29 |
| 3.5 | Model Benda Uji | 29 |
| 3.6 | Metode Pengujian Material | 30 |
| 3.6.1 | Agregat Halus | 30 |
| 3.6.2 | Agregat Kasar | 33 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 3.6.3 | Semen | 36 |
| 3.7 | Proporsi Campuran Beton | 37 |
| 3.8 | Metode Pembuatan Benda Uji | 38 |
| 3.9 | Metode Pengujian Kuat Tekan | 40 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 43 |
| 4.1 | Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus | 43 |
| 4.1.1 | Berat Volume | 43 |
| 4.1.2 | Berat Jenis | 44 |
| 4.1.3 | Kelembaban | 44 |
| 4.1.4 | Air Resapan | 45 |
| 4.1.5 | Kadar Lumpur | 46 |
| 4.1.6 | Analisa Saringan | 46 |
| 4.2 | Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar | 48 |
| 4.2.1 | Berat Volume | 48 |
| 4.2.2 | Berat Jenis | 49 |
| 4.2.3 | Kelembaban | 49 |
| 4.2.4 | Air Resapan | 50 |
| 4.2.5 | Kadar Lumpur | 51 |
| 4.2.6 | Analisa Saringan | 51 |
| 4.2.7 | Keausan Agregat / Abrasi | 53 |
| 4.3 | Hasil dan Analisa Pengujian Semen | 53 |
| 4.3.1 | Berat Volume | 53 |
| 4.3.2 | Berat Jenis | 54 |
| 4.4 | Hasil dan Analisa Pengujian Berat Jenis Abu Sekam Padi | 55 |
| 4.5 | Hasil dan Analisa Pengujian Berat Jenis Abu Ampas Tebu .. | 55 |
| 4.6 | Rancangan Campuran dan Kebutuhan Bahan | 56 |
| 4.6.1 | <i>Mix Design</i> Beton | 56 |
| 4.6.2 | Kebutuhan Bahan | 59 |
| 4.7 | Pengujian Beton | 61 |
| 4.7.1 | Pengujian Slump | 61 |
| 4.7.2 | Pengujian Berat Isi Beton | 62 |
| 4.7.3 | Pengujian Kuat Tekan Beton | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 4.7.3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton di Air Tawar | 64 |
| 4.7.3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton di Air Laut | 65 |
| 4.7.3.3 Pengaruh Perlakuan Perendaman Terhadap Kuat Tekan | 66 |
| 4.8 Kontrol Kualitas Pekerjaan | 67 |
| 4.9 Uji T Berpasangan | 68 |
| BAB 5. PENUTUP | 72 |
| 5.1 Kesimpulan | 72 |
| 5.2 Saran | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA | 73 |
| LAMPIRAN | 75 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Jenis – jenis semen portland..... | 4 |
| Tabel 2.2 Batas gradasi agregat halus | 7 |
| Tabel 2.3 Faktor perkalian deviasi standart..... | 10 |
| Tabel 2.4 Nilai sd untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan | 10 |
| Tabel 2.5 Perkiraan kekuatan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia | 11 |
| Tabel 2.6 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton | 12 |
| Tabel 2.7 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus..... | 12 |
| Tabel 2.8 Komposisi kimia abu sekam padi..... | 16 |
| Tabel 2.9 Kuat tekan beton penelitian djaka suhirkam | 16 |
| Tabel 2.10 Komposisi kimia abu ampas tebu | 18 |
| Tabel 2.11 Kuat tekan beton penelitian gerry | 18 |
| Tabel 2.12 Persyaratan kimia berdasarkan astm c18-92a | 19 |
| Tabel 2.13 Uji T berpasangan | 24 |
| Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan penelitian | 26 |
| Tabel 3.2 Perhitungan jumlah benda uji beton | 37 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian berat volume agregat halus | 43 |
| Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis agregat halus..... | 44 |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian kelembaban agregat halus | 45 |
| Tabel 4.4 Hasil pengujian air resapan agregat halus | 45 |
| Tabel 4.5 Hasil pengujian kadar lumpur | 46 |
| Tabel 4.6 Batas gradasi agregat halus | 46 |
| Tabel 4.7 Hasil analisa saringan agregat halus..... | 47 |
| Tabel 4.8 Hasil pengujian berat volume agregat kasar | 48 |
| Tabel 4.9 Hasil pengujian berat jenis agregat kasar | 49 |
| Tabel 4.10 Hasil pengujian kelembaban agregat kasar | 50 |
| Tabel 4.11 Hasil pengujian air resapan agregat kasar..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.12 Hasil pengujian kadar lumpur | 51 |
| Tabel 4.13 Batas gradasi agregat kasar | 51 |
| Tabel 4.14 Hasil analisa saringan agregat kasar | 52 |
| Tabel 4.15 Hasil pengujian berat volume semen | 54 |
| Tabel 4.16 Hasil pengujian berat jenis semen | 54 |
| Tabel 4.17 Hasil pengujian berat jenis abu sekam padi | 55 |
| Tabel 4.18 Hasil pengujian berat jenis abu ampas tebu | 55 |
| Tabel 4.19 Perencanaan campuran beton (<i>mix design</i>) | 59 |
| Tabel 4.20 Perhitungan proporsi dengan koreksi air per m ³ | 59 |
| Tabel 4.21 Proporsi bahan per benda uji 0% (silinder Ø 15 h 30)..... | 60 |
| Tabel 4.22 Proporsi bahan per benda uji 2,5% ASP + 7,5% AAT (silinder Ø 15 h 30) | 60 |
| Tabel 4.23 Proporsi bahan per benda uji 5% ASP + 5% AAT (silinder Ø 15 h 30) | 60 |
| Tabel 4.24 Proporsi bahan per benda uji 7,5% ASP + 2,5% AAT (silinder Ø 15 h 30) | 61 |
| Tabel 4.25 Hasil pengujian slump | 61 |
| Tabel 4.26 Hasil pengujian berat isi beton | 62 |
| Tabel 4.27 Hasil pengujian kuat tekan beton | 63 |
| Tabel 4.28 Kontrol kualitas pekerjaan | 67 |
| Tabel 4.29 a. Hasil pengujian kuat tekan pada curing air tawar | 69 |
| Tabel 4.29 b. Hasil uji t pada curing air tawar | 69 |
| Tabel 4.30 a. Hasil pengujian kuat tekan pada curing air laut | 70 |
| Tabel 4.30 b. Hasil uji t pada curing air laut | 70 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen beton silinder | 11 |
| Gambar 2.2 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm | 13 |
| Gambar 2.3 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan .. | 14 |
| Gambar 2.4 Abu sekam padi | 15 |
| Gambar 2.5 Abu ampas tebu | 17 |
| Gambar 2.6 Sketsa benda uji silinder \varnothing 150 mm x 300 mm | 21 |
| Gambar 3.1 Model benda uji silinder beton | 29 |
| Gambar 3.2 <i>Flow chart</i> penelitian..... | 41 |
| Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus pada zona 3 | 47 |
| Gambar 4.2 Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm | 52 |
| Gambar 4.3 Hasil uji kuat tekan beton pada air tawar | 64 |
| Gambar 4.4 Hasil uji kuat tekan beton pada air laut | 65 |
| Gambar 4.5 Pengaruh perlakuan perendaman terhadap kuat tekan | 66 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan..... | 75 |
| Lampiran 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton | 75 |
| Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan | 77 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan infrastruktur khususnya di Indonesia semakin meningkat, hal demikian dikarenakan Indonesia merupakan negara yang berkembang. Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting dan vital untuk mempercepat proses pembangunan nasional. Berbagai infrastruktur didirikan dengan menggunakan beton, dari pembangunan yang paling sederhana hingga proyek dengan teknologi yang canggih. Beton menjadi kebutuhan yang tidak terhindarkan lagi, karena beton memiliki kuat tekan yang sangat baik dan mudah untuk dibentuk. Namun ketahanan beton juga banyak dipengaruhi beberapa hal, salah satunya adalah kondisi lingkungan yang agresif.

Akhir – akhir ini banyak dikembangkan bahan tambah penyusun beton, salah satu diantaranya yaitu abu sekam padi dan abu ampas tebu. Namun penggunaannya sebagai bahan substitusi semen. Abu sekam padi dan abu ampas tebu mengandung *pozzolan* berupa silika (SiO_2). Bersifat *pozzolan* berarti abu tersebut dapat bereaksi dengan kapur (CaO) pada suhu kamar dengan media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Jika *pozzolan* ditambahkan ke dalam semen, maka akan bereaksi dengan kalsium hidroksida yang akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H). Reaksi *pozzolan* dengan kalsium hidroksida mempunyai beberapa keuntungan terhadap lingkungan yang agresif (Damayanti, dkk 2015). Pada kondisi lingkungan yang normal abu sekam padi dan abu ampas tebu juga dapat meningkatkan kuat tekan beton, serta menghemat penggunaan bahan baku semen dalam hal ini klinker karena memiliki kandungan SiO_2 yang tinggi. Namun dalam penggunaannya sebagai bahan substitusi semen memiliki batas yang sesuai SNI 15-7064-2004 yaitu 6% – 35 % dari massa semen.

Dari tinjauan tersebut akan dilakukan penelitian terhadap pengaruh penggunaan abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut. Hasil penelitian akan dijadikan sebuah dasar hipotesis mengenai pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu ampas tebu.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil dari penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh penggunaan variasi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas pada penelitian ini yaitu sebagaimana berikut.

1. Pengujian dan pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Jember.
2. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari Panti, Jember.
3. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Pasirian, Lumajang.
4. Semen yang digunakan adalah Portland Composite Cement (PCC).
5. Abu Ampas Tebu berasal dari Pabrik Gula Prajekan Bondowoso.
6. Abu Sekam Padi berasal dari Pabrik Penggilingan Padi di Kelurahan Sumber Jeruk Kecamatan Kalisat, Jember.
7. Pengujian beton yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan SNI 03-1974-1990.
8. Proporsi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu sebesar 10% dari jumlah semen.
9. Umur pengujian tiap sampel benda uji beton selama 28 hari.
10. Metode perawatan beton adalah dengan direndam kedalam air sampai pada umur pengujian yang telah direncanakan.
11. Benda uji beton berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagaimana berikut.

1. Dapat memberikan informasi kepada para akademisi dan industry konstruksi, bahwa limbah ampas tebu dan sekam padi dapat diteliti lebih lanjut untuk dijadikan bahan campuran pembuatan beton.
2. Dapat memberikan referensi dalam mengembangkan beton inovasi.
3. Mengoptimalkan pemanfaatan limbah dalam pengembangan teknologi dan komposisi beton campuran.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

2.2 Material Penyusun Beton

Pemilihan bahan material pembentuk beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan proporsi campuran yang tepat, pelaksanaan penelitian dan perawatan yang baik serta bahan tambah yang tepat akan menentukan kualitas beton yang dihasilkan (Rofiqi, 2015).

2.2.1 Semen Portland (PC)

Semen Portland adalah perekat hidraulik yang dibuat dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perekat pada bebatuan. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland dibagi menjadi 5 tipe yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis – jenis semen portland

| Jenis Semen | Karakteristik Umum |
|-------------|---|
| Tipe I | Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. |
| Tipe II | Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang |
| Tipe III | Semen Portland yang penggunaannya memerlukan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan |
| Tipe IV | Semen Portland yang penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah |
| Tipe V | Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat |

Sumber : SNI 15-2049-2004

Semakin pesatnya perkembangan industri semen di Indonesia, ada beberapa tipe semen diproduksi yaitu *Ordinary Portland Cement (OPC)*, *Portland Composite Cement (PCC)*, dan *Portland Pozzoland Cement (PPC)*.

Semen PCC atau *Portland Composite Cement* adalah semen Portland yang masuk kedalam kategori Belended Cement atau semen campur. Semen campur ini dibuat atau didesign karena dibutuhkannya sifat-sifat tertentu yang mana sifat tersebut tidak dimiliki oleh semen portland tipe I. Untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada semen campur maka pada proses pembuatannya ditambahkan bahan aditif seperti Pozzolan, Fly ash, silica fume dll.

Menurut SNI 15-7064-2004 maka defenisi Semen Portland Composite adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps 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 silicat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35 % dari massa semen portland komposite.

Sifat-sifat yang dimiliki Semen PCC yaitu:

1. Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang
2. Tahan terhadap serangan sulfat
3. Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi

Ditinjau dari sifat yang dimiliki oleh Semen PCC maka semen tersebut dapat digunakan sebagai alternatif atau pengganti semen portland tip II, IV atau V.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam atau disintegrasi alam dengan diameter minimum 0,075 mm dan maksimum 5 mm, yang mempunyai susunan butiran yang bervariasi (Rofiqi, 2015). Agregat halus mempunyai kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Untuk didapat data yang dibutuhkan dalam perencanaan mix design, maka diperlukan 6 pengujian untuk agregat halus. Adapun pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Berat Volume dan Rongga udara (SNI 03-4804-1998)

$$BV = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

W_1 = Berat silinder (g)

W_2 = Berat silinder+pasir (g)

V = Volume silinder (cm^3)

BV = Berat Volume (g/cm^3)

b. Berat Jenis

$$BJ \text{ pasir} = \frac{W_1}{W_3 + W_1 - W_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

W_1 = Berat pasir SSD (g)

W_2 = Berat picnometer + air + pasir (g)

W_3 = Berat picnometer + air (g)

c. Kelembaban

$$KP = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

KP = Kelembaban Pasir (%)

W_1 = Berat pasir asli (g)

W_2 = Berat pasir oven (g)

d. Kadar Air Resapan

$$KAR = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

KAR = Kadar Air Resapan (%)

W_1 = Berat pasir SSD (g)

W_2 = Berat pasir oven (g)

e. Kadar Lumpur

$$KL = \frac{V2}{V1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

KL = Kadar Lumpur (%)

V1 = Tinggi pasir (ml)

V2 = Tinggi lumpur (ml)

f. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-2834-2000)

Kekasaran pasir dibagi menjadi 4 zona berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.2 Batas gradasi agregat halus

| Nomor | Lubang Ayakan (mm) | Persen Berat Yang Lewat Ayakan | | | |
|-------|--------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4 | 4,76 | 90 – 100 | 90 – 100 | 90 – 100 | 95 – 100 |
| 8 | 2,38 | 60 – 95 | 75 – 100 | 85 – 100 | 95 – 100 |
| 16 | 1,19 | 30 – 70 | 55 – 90 | 75 – 100 | 90 – 100 |
| 30 | 0,59 | 15 – 34 | 34 – 59 | 60 – 79 | 80 – 100 |
| 50 | 0,297 | 5 – 20 | 8 – 30 | 12 – 40 | 15 – 50 |
| 100 | 0,149 | 0 – 10 | 0 – 10 | 0 – 10 | 0 – 15 |

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry dengan butiran antara 5 mm sampai 40 mm (SK SNI T-15-1991 03).

Agregat kasar yang akan dicampurkan dalam adukan beton harus mempunyai syarat mutu yang ditetapkan. Adapun persyaratan yang digunakan dalam campuran beton menurut DPU tahun 1982 adalah sebagai berikut:

a. Syarat fisik

1. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum tulangan

2. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
 3. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tidak boleh lebih dari 27% berat
 4. Kadar lumpur maksimal 1%
 5. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.
- b. Syarat Kimia
1. Kekealan terhadap Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimal 12% berat.
 2. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

Untuk didapat data yang dibutuhkan dalam perencanaan mix design, maka diperlukan 6 pengujian untuk agregat kasar. Adapun pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

a. Berat Volume

$$BV = \frac{(W2 - W1)}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

W1 = Berat silinder (g)

W2 = Berat silinder+kerikil (g)

V = Volume silinder (cm^3)

BV = Berat Volume (g/cm^3)

b. Berat Jenis

$$Bj \text{ kerikil} = \frac{W1}{(W1 - W2)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

BJ = Berat Jenis Kerikil (g/cm^3)

W1 = Berat kerikil di udara (g)

W2 = Berat kerikil di air (g)

c. Kelembaban

$$Kk = \frac{(W1 - W2)}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

Kk = Kelembaban Kerikil (%)

W1 = Berat kerikil asli (g)

W2 = Berat kerikil oven (g)

d. Kadar Air Resapan

$$KAR = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

KAR= Kadar Air Resapan (%)

W1 = Berat kerikil SSD (g)

W2 = Berat kerikil oven (g)

e. Kadar Lumpur

$$KL = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

KL = Kadar Lumpur (%)

W1 = Berat kerikil bersih kering (g)

W2 = Berat kerikil bersih kering oven (g)

2.2.4 Air

Air merupakan pereaksi semen dari serbuk mejadi mortar di dalam beton (proses hidrasi). Selain itu air berfungsi untuk membuat beton menjadi lecah (*workable*) (Nugraha P & Antoni, 2007).

2.3 Pengolahan Mix Design

2.3.1 Menetapkan nilai deviasi standart (sd)

Untuk memberikan gambaran cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan, diberikan pedoman dengan melihat tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Faktor perkalian deviasi standart

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Jumlah data | 30 | 25 | 20 | 15 | <15 |
| Faktor pengali | 1.0 | 1.03 | 1.08 | 1.16 | Tidak boleh |

Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan / pengalaman hasil pengujian beton sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut, maka nilai margin dapat langsung diambil 7 Mpa (SNI 03-2834-2000). Penilaian tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai sd untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

| Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan | Sd (MPa) |
|--|-----------------|
| Memuaskan | 2.8 |
| sangat Baik | 3.5 |
| Baik | 4.2 |
| Cukup | 5.6 |
| Jelek | 7 |
| Tanpa Kendali | 8.4 |

Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember

2.3.2 Menghitung nilai tambah (margin)

$$M = k \cdot Sd \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan M = nilai tambah(Mpa)

$$K = 1,64$$

Sd = deviasi standar rencana(Mpa)

2.3.3 Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana : f'cr = kuat tekan rata-rata (Mpa)

f'c = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

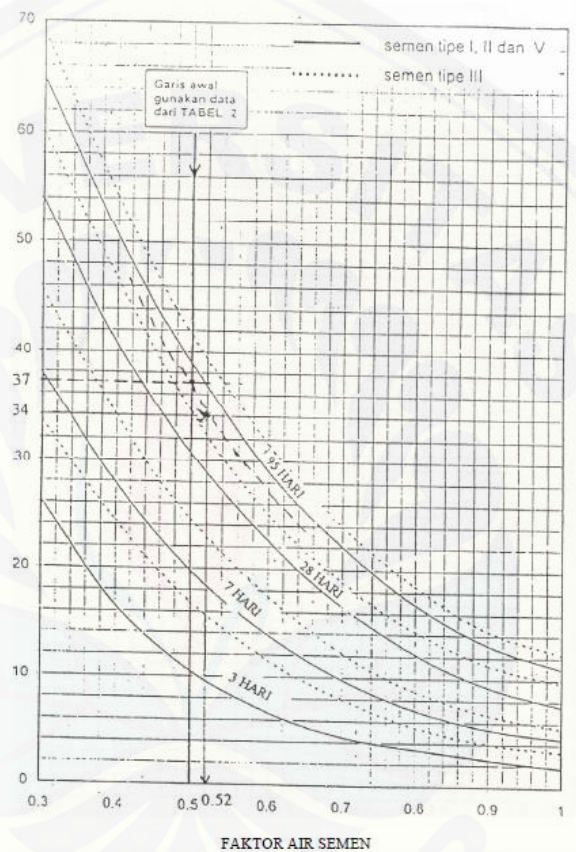
M = nilai tambah (Mpa)

2.3.4 Menetapkan jenis semen

Penetapan jenis semen berdasarkan pada karakteristik kegunaannya dapat dilihat pada tabel 2.1.

2.3.5 Menetapkan faktor air semen

Dalam menentukan FAS (faktor air semen) digunakan grafik 2.1. berikut



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen beton silinder

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.6 Menetapkan faktor air semen maksimum

Tabel 2.5 Perkiraan kekuatan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

| Jenis Semen | Jenis Agregat Kasar | Kekuatan Tekan (Mpa) | | | | Bentuk Bentuk Uji |
|-------------|---------------------|----------------------|----|----|----|----------------------|
| | | Pada Umur (hari) | | | | |
| | | 3 | 7 | 28 | 29 | |
| | Batu tak dipecahkan | 17 | 23 | 33 | 40 | |

| | | | | |
|---------------------|----|----|----|----|
| Batu pecah | 19 | 27 | 37 | 45 |
| Batu tak dipecahkan | 20 | 28 | 40 | 48 |
| Batu pecah | 25 | 32 | 45 | 54 |
| Batu tak dipecahkan | 21 | 28 | 38 | 44 |
| Batu pecah | 25 | 33 | 44 | 48 |
| Batu tak dipecahkan | 25 | 31 | 46 | 53 |
| Batu pecah | 30 | 40 | 53 | 60 |

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.6 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

| Ukuran besar butir agregat maksimum | Jenis agregat | Slump (mm) | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------|-------|-------|--------|
| | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
| | Batu tak dipecahkan | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| | Batu tak dipecahkan | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| | Batu tak dipecahkan | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.7 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

| Lokasi | Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg) | Nilai Faktor Air Semen Maksimum |
|---|--|---------------------------------|
| - Beton di dalam ruang bangunan: | | |
| a. keadaan keliling non-korosif | 275 | 0.6 |
| b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 325 | 0.52 |
| - Beton di luar ruangan bangunan: | | |
| a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0.6 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 275 | 0.6 |
| -Beton masuk ke dalam tanah: | | |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 325 | 0.55 |
| b. Mengalami pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | | 0,52 |
| c. Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut | | 0,52 – 0,75 |

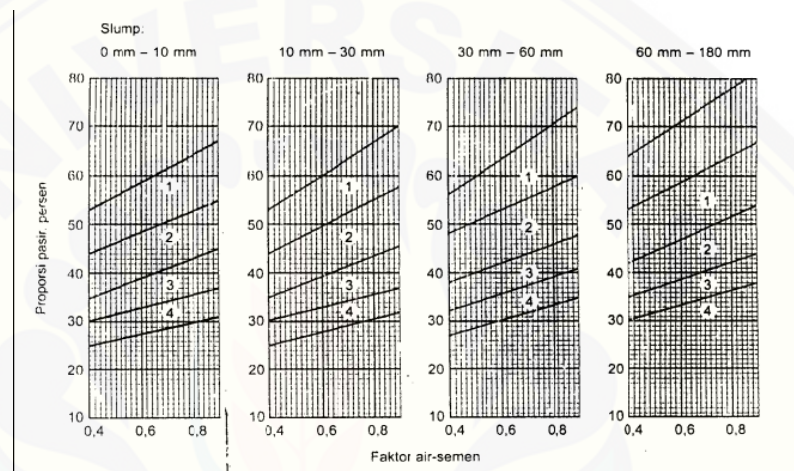
Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.7 Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, dan air laut. Penetapan kebutuhan semen minimum berdasarkan pada karakteristik kegunaannya dapat dilihat pada tabel 2.7.

2.3.8 Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Dalam menentukan perbandingan agregat halus dan kasarnya, maka dapat digunakan grafik berikut.



Gambar 2.2 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.9 Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

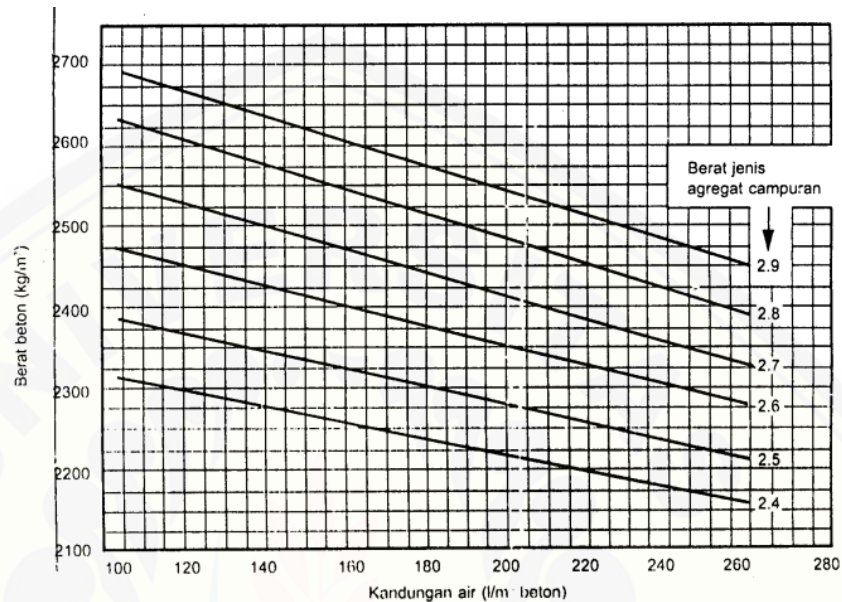
$$Bj \text{ camp} = \frac{P}{100} \times bj \text{ agg. hls} + \frac{K}{100} \times bj \text{ agg. Ksr} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan :

- Bj camp = berat jenis agregat campuran
- Bj agg. hls = berat jenis agregat halus
- Bj agg. ksr = berat jenis agregat kasar
- P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran
- K = persentase agregat kasar terhadap agregat

campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak pecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.



Gambar 2.3 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.10 Penentuan berat jenis beton

- Dari berat jenis agregat campuran dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada gambar 2.6. kebutuhan air yang diperoleh pada dimasukkan dalam gambar 2.6. kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai garis kurva yang dibuat pada poin a. diatas.
- Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.

2.3.11 Menghitung koreksi berat agregat kasar

dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$1) \text{ Air} \quad = A - [(Ah - A1)/100] \times B - [(Ak - A2)/100] \times C$$

$$2) \text{ Agregat halus} = B + [(Ah - A1)/100] \times B$$

$$3) \text{ Agregat kasar} = C + [(Ak - A2)/100] \times C$$

Dengan :

A = jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B = jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)

C = jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)

Ah = kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

Ak = kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A1 = kadar air pada agregat halus jenuh kering-muka (%)

A2 = kadar air pada agregat kasar jenuh kering-muka (%)

2.4 Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Ekskarasidenan Besuki (Jember, Situbondo, Bondowoso, Banyuwangi) merupakan penghasil padi terbesar di Jawa Timur yang menghasilkan produksi mencapai 2.339.277 ton. Wilayah Jember menghasilkan sebesar 971.261 ton pada tahun 2014, wilayah Situbondo menghasilkan 229.754 ton, wilayah Bondowoso menghasilkan 360.265 ton, dan wilayah Banyuwangi menghasilkan 777.997 ton (Badan Pusat Statistik, 2015). Dan setelah padi tergiling banyak sekam padi yang terbuang. Penggilingan padi selalu menghasilkan sekam padi yang cukup banyak. Ketika padi digiling, maka 78% dari beratnya menjadi beras dan 22% beratnya menjadi sekam padi. Sekam padi terdiri dari 75% bahan mudah terbakar dan 25% beratnya akan berubah menjadi abu (Nugraha, dkk, 2007). Abu tersebut dikenal dengan abu sekam padi yang mempunyai kandungan silika reaktif sebesar 92,31% (Ranti, dkk., 2012).



Gambar 2.4 Abu sekam padi

Sekam padi dapat berubah menjadi silika reaktif apabila dibakar. Akan tetapi untuk menghasilkan silika yang dapat digunakan sebagai bahan pozzolan pada beton, diperlukan pembakaran yang baik. Temperatur tungku pembakaran tidak boleh melebihi 800°C (Nugraha, 2012). Dengan demikian, akan dihasilkan abu sekam padi yang berkualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton. Menurut Mukhlisin, bahan pozzolan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Mengurangi panas hidrasi
- Meningkatkan *workability*
- Merubah waktu setting
- Merubah kekuatan beton

Komposisi kimia yang terkandung pada abu sekam padi dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Komposisi kimia abu sekam padi

| Senyawa | Konsentrasi (%) |
|--------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | 92,31 |
| Al ₂ O ₃ | 2,31 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,23 |
| CaO | 2,40 |
| MgO | 0,03 |

Sumber : Ranti (2012)

Abu Sekam padi dipilih karena abunya mengandung SiO₂ yang tinggi dan termasuk sumber daya alam yang terbarukan. Dan dalam penerapannya kandungan silika pada abu sekam padi telah dibuktikan dalam penelitian oleh Drs. Djaka Suhirkam, S.T., M.T. dan Ir.A.Latif, MT dengan judul penelitian “Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton”. Dalam penelitian tersebut membuktikan pengaruh abu sekam padi pada kuat tekan beton pengujian dalam 28 hari.

Tabel 2.9 Kuat tekan beton penelitian djaka suhirkam

| Prosentase Kandungan Abu Sekam Padi | F ^c Rata-Rata (MPa) |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Beton Normal Kandungan Abu (0%) | 41,407 |
| Beton Kandungan Abu (2,5%) | 42,133 |
| Beton Kandungan Abu (5%) | 43,141 |
| Beton Kandungan Abu (7,5%) | 44,430 |
| Beton Kandungan Abu (10%) | 45,689 |

Sumber : Drs. Djaka Suhirkam, S.T., M.T. dan Ir.A.Latif, MT (2013)

2.5 Abu Ampas Tebu (*Bagasse Ash*)

Ekskarasidenan Besuki (Jember, Situbondo, Bondowoso, Banyuwangi) merupakan penghasil tebu ketiga terbesar di Jawa Timur yang mencapai 104.952 ton pada tahun 2013 dengan luas lahan sekitar 21.490 Hektar. Jember menghasilkan 6.851 ton dengan luas area 6.495 Ha, Banyuwangi menghasilkan 5.342 ton dengan luas daerah 324 Ha, Situbondo menghasilkan 63.253 ton dengan luas 8.822 Ha, dan Bondowoso menghasilkan 29.506 ton dengan luas 6.449 Ha. (Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur, 2013).

Tingkat produksi tebu yang melimpah di wilayah *ekskarasidenan* besuki juga banyak menghasilkan limbah yaitu ampas dari penggilingan tebu sendiri. Sebelum tebu digiling, komposisi yang terkandung 73-76% adalah air dan 24-27% adalah zat padatnya. Dan bagian dari 24% zat padat itu sendiri, terpisah menjadi serat ampas 11-16% dan 10-16% zat kering terlarut. Sementara yang digunakan untuk campuran beton adalah serat ampas 11-16% dari komposisi tebu. Ampas tebu pada setiap pabrik gula cukup banyak, mencapai sekitar 9.000 ton yang dibuang tiap tahun sebagai tanah uruk (Totok Noerwasito, 2004).



Gambar 2.5 Abu ampas tebu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurwaji Wibowo (2013) diketahui ampas tebu apabila dibakar dengan suhu 600°C berhasil menaikkan unsur silika sebesar 71% selama 4 – 8 jam. Dan memenuhi syarat sebagai pozolan sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton lebih tinggi lagi. Abu ampas tebu yang mempunyai kandungan silika reaktif sebesar 71%, komposisi yang terkandung dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.10 Komposisi kimia abu ampas tebu

| Senyawa Kimia | Presentase (%) |
|--------------------------------|----------------|
| SiO ₂ | 71 |
| Al ₂ O ₃ | 1,9 |
| Fe ₂ O ₃ | 7,8 |
| CaO | 3,4 |
| MgO | 0,3 |
| KzO | 8,2 |
| P ₂ O ₅ | 3,0 |
| MnO | 0,2 |

Sumber : Universitas Sumatera

Ampas tebu dipilih karena abunya mengandung SiO₂ yang tinggi dan termasuk sumber daya alam yang terbarukan. Dan dalam penerapannya kandungan silika pada abu ampas tebu telah dibuktikan dalam penelitian oleh Gerry Phillip Rompas (2013) dengan judul penelitian “Memanfaatkan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton”. Dalam penelitian tersebut membuktikan pengaruh abu ampas tebu pada kuat tekan beton pengujian dalam 28 hari.

Tabel 2.11 Kuat tekan beton penelitian gerry

| Prosentase Kandungan Abu Ampas Tebu | Fc' Rata-Rata (MPa) |
|-------------------------------------|---------------------|
| Abu Ampas Tebu 0% | 34,208 |
| Abu Ampas Tebu 5 % | 43,736 |
| Abu Ampas Tebu 10% | 34,505 |
| Abu Ampas Tebu 15% | 39,279 |
| Abu Ampas Tebu 20% | 34,972 |
| Abu Ampas Tebu 25% | 33,232 |

Sumber : Gerry Phillip Rompas (2013)

2.6 Pozzolan

Pozzolan adalah bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan, yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan alumina yang reaktif. *Pozzolan* dapat ditambahkan ke dalam campuran beton ataupun mortar, namun sampai pada batas komposisi tertentu dapat menggantikan sebagian semen. Penggunaan *pozzolan* juga dapat meningkatkan kuat tekan beton (Lakum, 2009).

Jenis *pozzolan* dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. *Pozzolan* alam : yaitu bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu yang mengandung silikat aktif.

2. *Pozzolan* buatan : jenis ini banyak macamnya baik merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan proses pembakaraan, seperti abu terbang (fly ash), silika fume, abu sekam padi, abu ampas tebu, dll.

Pada penelitian ini menggunakan jenis *pozzolan* buatan. *Pozzolan* dapat dipakai sebagai bahan tambahan atau sebagai pengganti sebagian semen. Bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen umumnya persentase komposisi berkisar antara 5% - 45% (Lakum, 2009).

Standar mutu *pozzolan* menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-teiap kelas mempunyai kriteria komposisi kimia tertentu. Adapun ketiga kelas *pozzolan* tersebut adalah : (Nurchasanah, Yenny., dkk, 2012)

Kelas N : *Pozzolan* alam atau buatan hasil pembakaran.

Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO diatas 10%.

Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10%.

Kandungan *pozzolan* dari suatu bahan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.12 Persyaratan kimia berdasarkan astm c18-92a

| Komposisi | Kelas | | |
|--|-------|----------------|------|
| | N | F | C |
| Jumlah SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (min, %) | 70,0 | 70,0 | 70,0 |
| SO ₃ (max, %) | 4,0 | 5,0 | 5,0 |
| Na ₂ O (max, %) | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Kadar kelembaban (max, %) | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Hilang pijar (max, %) | 10,0 | 6 ^A | 12 |

Sumber : ASTM C618-92a dalam Nurchasanah, Yenny., dkk, 2012

2.7 Air Laut

Air di laut biasa disebut sebagai air laut yang merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam – garaman, bahan – bahan organik dan partikel – partikel tak terlarut. Air laut memiliki kadar garam rata – rata sekitar 35.000 ppm atau 35 g/liter, artinya dalam 1 liter air laut (1000 ml) terdapat 35 gram garam. Kandungan kimia utama dari air laut adalah klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), Sulfat (SO₄). Nilai pH air laut bervariasi antara 7,5 - 8,5.

2.8 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan tentang beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh curing air laut pada beton mutu tinggi dengan bahan tambah abu sekam padi ditinjau terhadap kuat tarik belah dan modulus of rupture.

Dari penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penambahan bahan tambah abu sekam padi pada beton mutu tinggi mempengaruhi nilai kuat tarik belah dan modulus of rupture dimana akan meningkat hingga kadar abu sekam padi 15% dari berat semen dan menurun pada kadar 20% dari berat semen.
- b. Penambahan bahan tambah abu sekam padi pada beton mutu tinggi umur 28 hari dengan curing di lingkungan agresif (perendaman air laut bergerak) dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah dan modulus of rupture dibandingkan beton mutu tinggi curing di air normal yang diam.

2. Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota Malang.

Dari penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Beton yang dibuat dari jenis semen yang dijual di toko-toko bahan bangunan di Kota Malang, jika direndam air laut selama 7 hari akan meningkatkan kekuatan tekan secara cepat, namun jika direndam terus selama 28 hari, kekuatan tekannya akan turun.
- b. Jenis semen yang relatif paling tahan terhadap air laut selama perendaman 28 hari adalah Semen Tipe I. Hasil penelitian ini tidak dapat untuk mewakili seluruh merk semen yang berada di sekitar Malang, namun demikian melihat kecenderungan benda uji jika lebih lama direndam dalam air laut makin turun kekuatan tekannya, ada kemungkinan sekalipun dibuat dari jenis Semen Tipe I belum tentu tetap lebih baik dari dua jenis semen yang dipakai dalam penelitian ini. Untuk itu perlu penelitian lain yang sejenis dengan memberi perlakuan perendaman pada air laut dalam waktu lebih lama.

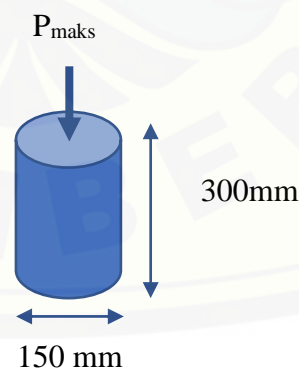
3. Pengaruh masa perawatan (curing) menggunakan air laut terhadap kuat tekan dan absorpsi beton.

Dari penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar untuk masa perawatan 7 hari. Sementara untuk masa perawatan 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih rendah dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki kekuatan awal yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar, namun setelah itu kekuatannya akan lebih rendah dan semakin tinggi mutu beton maka perbedaan kuat tekan antara beton yang mengalami perawatan dengan air laut dengan kuat tekan beton.
- b. Nilai absorpsi air laut dari beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar.

2.9 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas permukaan yang menyebabkan benda uji hancur melalui tekanan yang diberikan oleh alat uji mesin kuat tekan. Kuat tekan beton dihitung menggunakan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji menjadi hancur dengan luas penampang. Persamaannya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Sketsa benda uji silinder Ø 150 mm x 300 mm

$$\text{Rumus: } f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

F_c' = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang (150×300) mm^2

Mengacu pada standar SNI 03-1974-1990

MPa = Mega Pascal ; 1 MPa = 1 N/mm^2 = 10 kg/cm^2 .

2.10 Berat Isi Beton

Pengujian berat isi beton dilakukan pada masing-masing variasi campuran beton. Pengujian ini dilakukan sebelum benda uji dites uji tekan maupun uji tarik. Perhitungan berat isi beton menggunakan rumus:

$$W_{\text{beton}} = \frac{B_b}{V} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

W_{beton} = berat isi beton (kg/m^3)

B_b = berat benda uji (kg)

V = volume benda uji (m^3)

2.11 Kontrol Kualitas Pekerjaan

Menurut Nugraha dan Anton (2007), kontrol kualitas pekerjaan adalah bagian dari proses jaminan kualitas guna memastikan kualitas produk yang dihasilkan dengan menguji untuk mengecek terhadap nilai target tertentu. Kontrol kualitas pekerjaan pada beton biasanya menggunakan aplikasi statistika sebagai berikut.

1. Rata – rata

Adalah jumlah nilai suatu data dalam kelompok dibagi dengan banyaknya data. Nilai rata – rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{kuat tekan rata – rata } (f_c' m) = \frac{\sum f_c'}{n} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

F_c' = kuat tekan (kg/cm^2)

n = jumlah benda uji

2. *Standart Deviasi* (Sd)

Beton apabila diuji kekuatannya dengan beberapa benda uji, maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai tertentu. Penyebaran tersebut tergantung pada tingkat kesempurnaan dan ketelitian dalam pelaksanaannya. Ukuran dari besar kecil penyebaran itulah yang disebut *Standart Deviasi*. Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus:

$$\text{standart deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{\sum(f c' - f c' m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

- Fc' = kuat tekan (kg/cm²)
- Fc'm = kuat tekan rata – rata (kg/cm²)
- n = jumlah benda uji

3. Variasi

Bahan beton merupakan bahan yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang bervariasi. Variasi menunjukkan mutu pelaksanaan dilihat dari pengujian (Nanang, 2017). Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 dapat diperoleh dengan rumus:

$$\text{Variasi (V)} = \frac{sd}{f_{cm}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

- Fc'm = kuat tekan rata – rata (kg/cm²)
- sd = standart deviasi (kg/cm²)

Nilai V < 10% menunjukkan mutu amat baik, mutu baik jika 10% < V < 15%, mutu cukup baik jika 15% < V < 20%, dan mutu kurang baik jika V > 20%.

2.12 Uji T Berpasangan

Uji-t berpasangan merupakan uji beda secara parametrik yang menguji adakah perbedaan nilai rata – rata antara 2 sampel yang berpasangan. Ciri – ciri yang sering ditemukan yaitu dari 1 sampel penelitian mendapatkan perlakuan yang berbeda, sehingga peneliti mendapatkan 2 hasil data penelitian. Pengujian ini mempunyai syarat sebagai berikut :

- Selisih kedua data berdistribusi normal. Bila selisih tidak berdistribusi normal, uji beda dapat dilakukan secara nonparametrik.

- Variabel terikat berskala rasio atau interval.

Tabel 2.13 Uji T berpasangan

| | Dua Arah | Pihak Kanan | Pihak Kiri |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| Keputusan : | Ho : $\mu d = 0$ | Ho : $\mu d = 0$ | Ho : $\mu d = 0$ |
| | Ho : $\mu d \neq 0$ | Ho : $\mu d > 0$ | Ho : $\mu d < 0$ |
| Tolak Ho jika : | $ t > t_{\alpha/2,df}$ | $t > t_{\alpha,df}$ | $t > -t_{\alpha,df}$ |

Asumsi :

1. Sampel data mengandung unsur yang berpasangan
2. Sampel diambil secara acak
3. Berdistribusi normal

Test Statistik :

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \text{ atau apabila } \mu_d = 0, \text{ maka } t = \frac{\bar{d}}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana derajat bebasnya (df) = n-1

- d = selisih diantara masing-masing individu/objek yang berpasangan
- μd = nilai rerata perbedaan d populasi dari keseluruhan data, biasanya 0
- \bar{d} = nilai rata-rata dari d
- Sd = nilai standar deviasi dari d
- n = banyaknya pasangan data

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen (X) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen (Y). Signifikan berarti pengaruh yang terjadi dapat berlaku untuk populasi (dapat digeneralisasikan). Dari hasil analisis regresi dapat diketahui nilai t hitung. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

1. Menentukan Hipotesis

Ho : Ada pengaruh secara signifikan antara biaya promosi dengan volume penjualan

Ha : Tidak ada pengaruh secara signifikan antara biaya promosi dengan volume penjualan

2. Menentukan tingkat signifikansi

Tingkat signifikansi menggunakan $\alpha = 5\%$ (signifikansi 5% atau 0,05 adalah ukuran standar yang sering digunakan dalam penelitian)

3. Menentukan t hitung

Berdasarkan tabel diperoleh t hitung

4. Menentukan t tabel

Misalkan tabel distribusi t dicari pada $\alpha = 5\% : 2 = 2,5\%$ (uji 2 sisi) dengan derajat kebebasan (df) $n-k-1$ atau $20-2-1 = 17$ (n adalah jumlah kasus dan k adalah jumlah variabel independen). Dengan pengujian 2 sisi (signifikansi = 0,025) hasil diperoleh untuk t tabel sebesar x (Lihat pada lampiran) atau dapat dicari di Ms Excel dengan cara pada cell kosong ketik `=tinv (0.05,17)` lalu enter.

5. Kriteria Pengujian

H_0 diterima jika $-t \text{ tabel} < t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$

H_0 ditolak jika $-t \text{ hitung} < -t \text{ tabel}$ atau $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$

6. Membandingkan t hitung dengan t tabel

Nilai t hitung $> t$ tabel maka H_0 ditolak.

7. Kesimpulan

Oleh karena nilai t hitung $> t$ tabel maka H_0 ditolak, artinya bahwa ada pengaruh secara signifikan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang pengaruh penggunaan abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut yang dilakukan pada bulan Januari – Mei 2018. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan penelitian

| No | Nama Kegiatan | Januari | | | | Februari | | | | Maret | | | | April | | | | Mei | | | |
|----|-------------------------------------|------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|
| | | Minggu ke- | | | | Minggu ke- | | | | Minggu ke- | | | | Minggu ke- | | | | Minggu ke- | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Pengumpulan bahan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | Pengujian material | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Perencanaan proporsi campuran beton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Pembuatan beton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Perawatan benda uji beton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. | Pengujian benda uji beton | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. | Analisi data & Pembahasan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen dengan cara mendapatkan data secara langsung (data primer) melalui pengujian benda uji dari berbagai kondisi perlakuan di laboratorium. Untuk menunjang eksperimen ini dilakukan suatu metode pendekatan dengan mengumpulkan data dari penelitian sebelumnya (data sekunder) dengan permasalahan yang berkaitan.

3.3 Instrumen Pelaksanaan

3.3.1 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah.

- a. Timbangan.
- b. Mesin *shieve shaker*.

- c. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d. Satu set ayakan (standar ASTM).
- e. Sikat kuningan.
- f. Gelas ukur.
- g. Picnometer.
- h. *Micrometer scrup*.
- i. Neraca *Mounting table*.
- j. Keranjang kawat ukuran 3,55 mm (No.6) atau ember dengan tinggi dan leher yang sama dengan kapasitas 4-7 liter untuk agregat ukuran maksimal 37,5 mm (No, 1,5 inci).
- k. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
- l. *Slump test*.
- m. Penggaris.
- n. Palu.
- o. Loyang.
- p. Bak.
- q. Sekop.
- r. Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
- s. Jangka sorong.
- t. Besi perojok (batang penusuk yang terbuat dari baja, diameter 16 mm dan panjang 610 mm dan ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
- u. Palu.
- v. Kerucut terpancung (400 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- w. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- x. Cetakan silinder beton ukuran $\varnothing 10$ cm x 20 cm.
- y. Mesin pencampur bahan (mixer/molen).
- z. *Universal Testing Machine*.

3.3.2 Bahan

Selain bahan penyusun beton pada umumnya (pasir, kerikil, semen, air), pada penelitian ini juga ditambah bahan lain yang dapat meningkatkan kinerja beton, yaitu abu sekam padi (ASP) dan abu ampas tebu (AAT).

a. Abu Sekam Padi

Abu Sekam Padi diambil langsung dari Pabrik Penggilingan Padi di Kelurahan Sumber Jeruk Kecamatan Kalisat, Jember.

b. Abu Ampas Tebu

Limbah ampas tebu di dapatkan langsung dari limbah Pabrik Gula Prajekan Bondowoso.

c. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC.

d. Agrerat halus (Pasir)

Agrerat halus yang digunakan berupa pasir Lumajang.

e. Agregat Kasar (kerikil)

Kerikil yang dijadikan sebagai agregat kasar adalah kerikil jenis batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm.

f. Air

Air yang digunakan merupakan air sumur sebagaimana air sumur pada umumnya.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, sering juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis pengelompokkan, yaitu:

3.4.1 Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya variable terikat. Variabel bebas yang terdapat dalam penelitian ini adalah variasi komposisi material penyusun beton ringan dan ukuran butir agregat, yaitu: Komposisi material beton campuran dengan abu sekam padi dan abu ampas tebu.

3.4.2 Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah:

- a. Nilai slump.
- b. Kuat tekan.
- c. Berat isi beton.

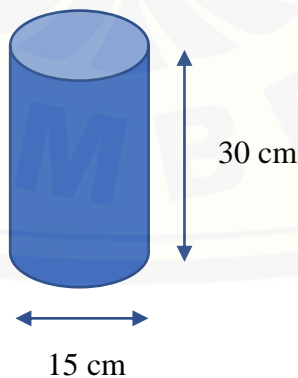
3.4.3 Variabel Kontrol/Pengendali

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton ringan antara lain:

- a. Tipe semen.
- b. Faktor air semen.
- c. Ukuran butiran maksimum agregat.
- d. Cara perawatan benda uji.
- e. Umur benda uji.
- f. Perendaman beton dengan air tawar dan air laut.

3.5 Model Benda Uji

Pengujian beton serat terdiri dari kuat tekan dan kuat tarik belah. Untuk pengujian beton ini diperlukan bentuk benda uji sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model benda uji silinder beton

- a. Ukuran silinder beton \varnothing 15 cm x 30 cm.
- b. Silinder ukuran \varnothing 15 cm x 30 cm digunakan untuk pengujian kuat tekan.
- c. Nilai kuat tekan diambil minimal dari rata-rata 6 benda uji silinder \varnothing 15 cm x 30 cm (SNI 03-2461-2002)
- d. Silinder beton yang dibuat dalam penelitian ini sebanyak 6 buah untuk setiap proporsi campuran, dan dilakukan pengujian kuat tekan.

3.6 Metode Pengujian Material

Pengujian material pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan karakteristik bahan penyusun beton. Pengujian material meliputi pengujian terhadap agregat halus, agregat kasar, dan semen. Adapun langkah – langkah pengujian bahan adalah sebagai berikut :

3.6.1 Agregat Halus

a. Berat Volume

1. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Takaran berbentuk silinder
- Alat perojok dan besi dengan diameter 16 mm dan panjang 60 mm
- Pasir kering

2. Prosedur Pengujian

- Tanpa rojokan
 - a. Menimbang silinder dalam keadaan kering
 - b. Mengisi silinder dengan pasir dan diratakan
 - c. Menimbang silinder + pasir.
- Dengan rojokan
 - a. Menimbang silinder dalam keadaan kering
 - b. Mengisi silinder 1/3 bagian dengan pasir kemudian dirojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap-tiap bagian dirojok 25 kali
 - c. Menimbang silinder + pasir

b. Berat Jenis**1. Alat dan Bahan**

- Timbangan analitis
- *Picnometer* 100 cc
- Oven
- Pasir kondisi SSD (pasir yang sudah direndam selama 24 jam)

2. Prosedur Pengujian

- Menimbang *picnometer*
- Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 50 gram
- Memasukkan pasir ke dalam *picnometer* kemudian ditimbang
- *Picnometer* yang berisi pasir diisi air sampai penuh dan dipegang miring (diputar-putar) hingga gelembung udara keluar
- *Picnometer* diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya
- *Picnometer* kosong diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya

c. Kelembaban Pasir**1. Alat dan Bahan**

- Timbangan analitis
- Oven
- Pan
- Pasir dalam keadaan asli.

2. Prosedur Pengujian

- Pasir dalam keadaan asli ditimbang beratnya 250 gram
- Pasir dimasukkan oven selama 24 jam dengan temperatur 110 ± 50
- Mengeluarkan pasir dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya

d. Air Resapan Pasir**1. Alat dan Bahan**

- Timbangan analitis
- Oven
- Pasir kondisi SSD

2. Prosedur Pengujian

- Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 100 gram
- Memasukkan oven selama 24 jam
- Pasir dikeluarkan dan setelah dingin ditimbang

e. Kadar Lumpur

1. Alat dan Bahan

- Gelas ukur dari tabung kaca yang disertai ukuran pada dinding bagian luarnya.
- Agregat halus
- Air

2. Prosedur Pengujian

- Memasukkan agregat halus ke dalam gelas ukur hamper setengah (misal 450 ml)
- Menambah air sampai total pasir + air dua kali pasir
- Menutup gelas ukur dan kemudian dikocok selama 1 menit
- Gelas ukur disimpan dan didiamkan di tempat yang datar selama ± 24 jam agar lumpur mengendap
- Mengukur tinggi pasir dan tinggi lumpur

f. Analisa Saringan

1. Alat dan Bahan

- Satu set ayakan ASTM
- Timbangan analitis
- Alat penggetar listrik (*Shieve Shaker*)
- Pasir dalam keadaan kering oven.

2. Prosedur Pengujian

- Menimbang pasir sebanyak 1000 gram
- Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas, dan digetarkan dengan *Shieve Shaker* selama 10 menit
- Pasir yang tertinggal dalam ayakan ditimbang
- Mengontrol berat pasir = 1000 gram

3.6.2 Agregat Kasar

a. Berat Volume Kerikil

1. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Takaran berbentuk silinder
- Alat perojok dan besi dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm
- Kerikil kering

2. Prosedur Pengujian

- Tanpa rojokan
 - a. Menimbang silinder dalam keadaan kering
 - b. Menimbang kerikil beserta silinder
- Dengan rojokan
 - a. Menimbang silinder dalam keadaan kering
 - b. Mengisi silinder $\frac{1}{3}$ bagian dengan kerikil kemudian dirojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap-tiap bagian dirojok 25 kali

b. Berat Jenis Kerikil

1. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Kontainer
- Mounting table
- Keranjang sample
- Kerikil dalam kondisi SSD
- Air

2. Prosedur Pengujian

- Kerikil yang telah direndam selama 24 jam diangkat kemudian dilap satu persatu
- Menimbang kerikil dalam kondisi SSD sebanyak 3000 gram
- Menimbang pula beratnya di dalam air

c. Kelembaban Kerikil

1. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Oven
- Pan
- Kerikil/batu pecahan dalam keadaan asli

2. Prosedur Pengujian

- Kerikil dalam keadaan asli ditimbang beratnya 500 gram
- Kerikil dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur $110 \pm 5^\circ \text{C}$
- Mengeluarkan kerikil dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya

d. Air Resapan

1. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Oven
- Kerikil dalam kondisi SSD

2. Prosedur Pengujian

- Menimbang kerikil dalam kondisi SSD sebanyak 500 gram
- Memasukkan kerikil tersebut ke dalam oven selama 24 jam
- Mengeluarkan kerikil tersebut serta setelah dingin ditimbang beratnya

e. Kadar Lumpur

1. Alat dan Bahan

- Kerikil dengan berat 500 gram
- Ayakan no. 200
- Ayakan ukuran 38,1 mm
- Nampan pencuci
- Tungku pengering (oven)
- Timbangan dengan ketelitian 0,1%

2. Prosedur Pengujian

- Ambil kerikil yang lolos ayakan ukuran 38,1 mm seberat 500 gr (B_1)
- Masukkan kerikil tersebut ke dalam nampan pencuci dan tambahkan air secukupnya sampai semuanya terendam

- Goncang – goncangkan nampan, kemudian air cucian dituangkan ke dalam ayakan no. 200 (butir – butir besar dijaga jangan sampai masuk ke ayakan supaya tidak merusak ayakan)
- Ulangi langkah no. 3 sampai cucian tampak bersih
- Masukkan butir – butir kerikil yang tersisa di ayakan no. 200 ke dalam nampan, kemudian masukkan ke dalam tungku untuk dikeringkan kembali
- Kerikil setelah kering tungku (B₂) ditimbang kembali
- Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, gunakan 2 atau 3 benda uji dan ambil rata – rata untuk setiap kali hasil pengujian

f. Analisa Saringan

1. Alat dan Bahan

- Timbangan
- Satu set ayakan ASTM
- *Shieve shaker*
- Kerikil/ batu pecahan dalam keadaan kering oven

2. Prosedur Pengujian

- Menimbang kerikil ukuran 0,5-1 sebanyak 8 kg, ukuran 1-2 sebanyak 12 kg
- Kerikil ukuran 2-3 sebanyak 16 kg
- Memasukkan kerikil dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar di atas dan digetarkan selama 10 menit
- Menimbang masing-masing kerikil yang tertinggal dalam ayakan
- Mengontrol berat kerikil = 10 kg

g. Keausan

1. Alat dan Bahan

- Mesin Abrasi Los Angeles
- Saringan No. 12 (1,7 mm) dan saringan – saringan lainnya
- Timbangan
- Bola – bola baja dengan diameter rata – rata 4,68 cm dan berat masing – masing antara 400 gram sampai 440 gram
- Kerikil/batu pecahan dalam keadaan asli

2. Prosedur Pengujian

- Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari (tujuh) cara. Yang digunakan untuk agregat kasar penelitian ini yaitu cara B
Cara B : Gradasi B, bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran
- Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles
- Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi A, B, C, dan D 500 putaran dan untuk gradasi E, F, dan G 1000 putaran
- Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap

3.6.3 Semen

a. Berat Volume Semen

1. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Takaran berbentuk silinder
- Alat perojok besi dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm
- Semen Portland jenis 1

2. Prosedur Pengujian

- Tanpa rojokan
 - a. Silinder ditimbang dalam keadaan kering
 - b. Diisi semen lalu diratakan permukaannya
 - c. Menimbang silinder beserta semen
- Dengan rojokan
 - a. Silinder ditimbang dalam keadaan kering
 - b. Silinder diisi 1/3 bagian kemudian dirojok 25 kali hingga penuh
 - c. Meraatakan semen dan ditimbang beratnya

b. Berat Jenis Semen

1. Alat dan Bahan

- Botol *Le Chatelier*
- Timbangan
- Cawan, kuas
- Kerosin/ minyak tanah (bebas air)
- Semen

2. Prosedur Pengujian

- Isi botol *Le Chatelier* dengan kerosin sampai skala tertentu
- Masukkan benda uji kedalam botol sedikit demi sedikit sampai semen terendam
- Putar botol agar tidak ada gelembung udara yang tersisa
- Baca ketinggian skala kerosin

3.7 Proporsi Campuran Beton (*Mix design*)

Tahapan berikutnya adalah menetapkan campuran beton, dalam penelitian ini menggunakan *mix design* SNI 03-2834-2000 yang direncanakan memiliki mutu f_c' 30 MPa. Berikut jumlah benda uji dengan variasi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perhitungan jumlah benda uji beton

| Perawatan (Curing) | Kode Benda Uji | Kombinasi Prosentase ASP + AAT + PC | Pengujian | Umur 28 hari |
|-----------------------|----------------------|--|------------|--------------------|
| Air Tawar | BU 0% | 0% ASP + 0% AAT + 100% PC | Kuat tekan | 6 |
| | | 2,5% ASP + 7,5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| | BU 10% | 5% ASP + 5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| | | 7,5% ASP + 2,5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| Air Laut | BU 0% | 0% ASP + 0% AAT + 100% PC | Kuat tekan | 6 |
| | | 2,5% ASP + 7,5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| | BU 10% | 5% ASP + 5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| | | 7,5% ASP + 2,5% AAT + 90% PC | Kuat tekan | 6 |
| Total | | | | 48 |

Dimana :

- BU = Benda Uji
- ASP = Abu Sekam Padi
- AAT = Abu Ampas Tebu
- PC = Portland Cement

3.8 Metode Pembuatan Benda Uji

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tahap I : Persiapan Alat dan Penyediaan Bahan

Tahap ini merupakan tahap persiapan penelitian di laboratorium yang meliputi semua persiapan alattermasuk didalamnya menyiapkan cetakan silinder yang berukuran \varnothing 15 cm x 30 cm serta penyediaan bahan penyusun beton serat berupa semen, pasir, kerikil, ampas tebu, abu sekam padi dan air.

Tahap II : Pengujian Bahan

Tahap ini adalah tahap pengujian agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi, dan abu ampas tebu sebelum digunakan sebagai bahan campuran dalam beton.

Tahap ini meliputi pengujian:

- berat Jenis
- kelembaban
- air resapan
- kadar lumpur
- gradasi

Dan pengujian semen yang akan digunakan dalam campuran beton yang meliputi pengujian :

- berat volume
- berat jenis

Tahap III : Penetapan proporsi campuran beton dengan *mix design*

Tahap ini merupakan tahap penetapan proporsi bahan campuran beton. Untuk mendapatkan proporsi campuran beton dilakukan perencanaan *mix design* terlebih dahulu, selanjutnya dibuatkan adukan beton dengan proporsi masing-masing bahan.

Tahap IV : Pembuatan Benda Uji

Tahap ini adalah tahapan dalam pembuatan benda uji. Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran \varnothing 15 cm x 30 cm sebanyak 48 benda uji.

Pada tahap ini meliputi :

- Pembuatan adukan beton
- Uji *slump*
- Pengecoran ke dalam cetakan
- Pelepasan benda uji dari cetakan

Tahap V : Perawatan Beton

Perawatan beton ini dilakukan dengan cara merendam benda uji pada air tawar dan air laut sampai sesuai dengan umur yang ditentukan untuk dilaksanakan uji kuat tekan. Untuk metode perendaman pada air tawar dan air laut dilakukan dengan metode yang sama yaitu dengan merendam seluruh benda uji masuk ke dalam air.

Tahap VI : Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton serta pengaruh perendaman air tawar dan air laut terhadap kekuatan beton. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan proporsi abu sekam padi (ASP) dan abu ampas tebu (AAT) dengan akumulasi 0%; 2,5% ASP + 7,5% AAT; 5% ASP + 5% AAT; dan 7,5% ASP + 2,5% AAT.

Tahap VI : Uji t berpasangan

Uji t berpasangan bertujuan untuk mengetahui hasil pengaruh perendaman air tawar dan air laut terhadap kekuatan beton menggunakan variasi campuran abu sekam padi dan abu ampas tebu.

Tahap VIII : Analisis Data dan Kesimpulan

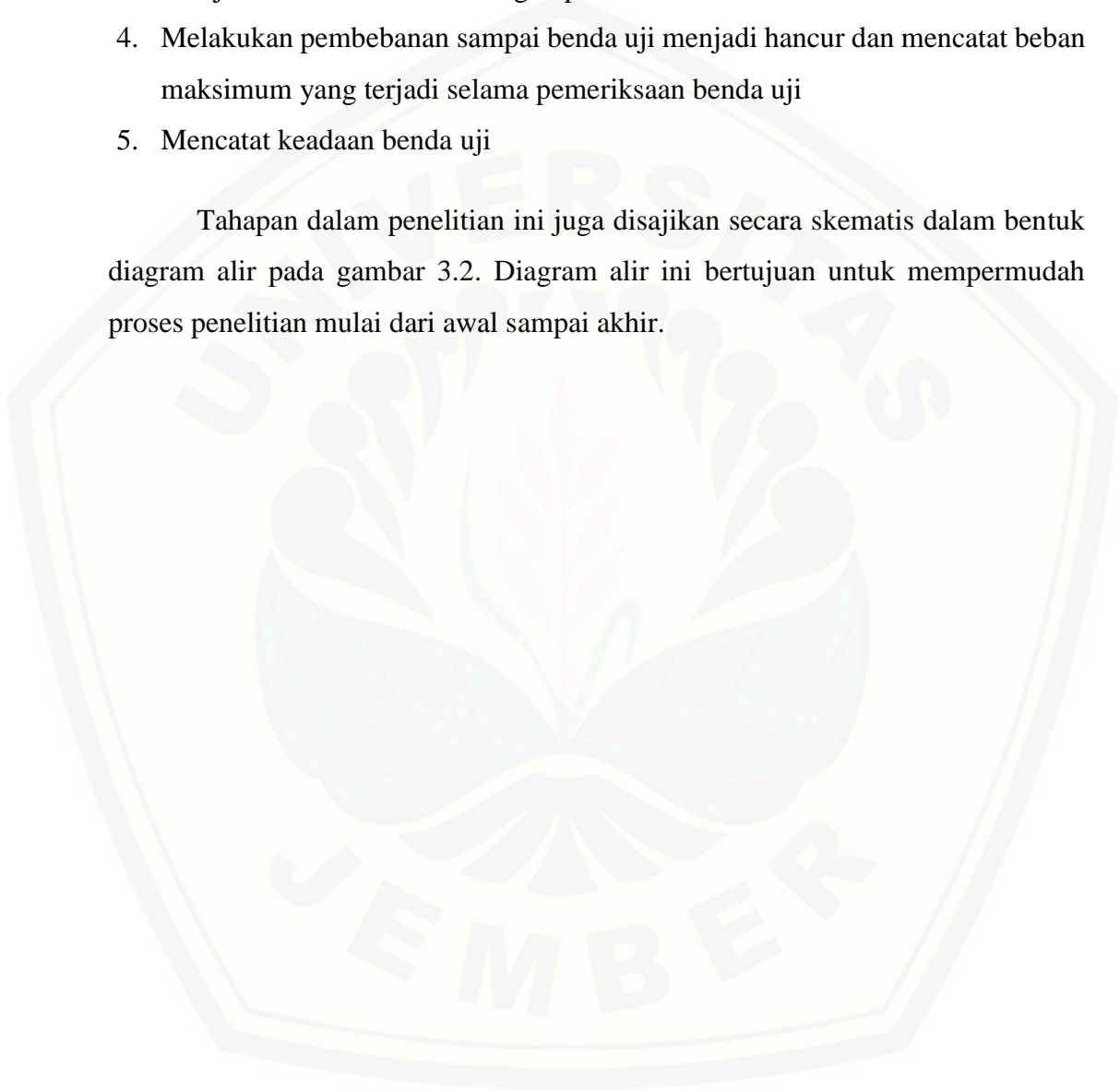
Dari hasil pengujian yang dilakukan, kemudian dilakukan analisis data. Analisis tersebut merupakan pembahasan dari hasil penelitian yang kemudian dapat ditarik kesimpulan.

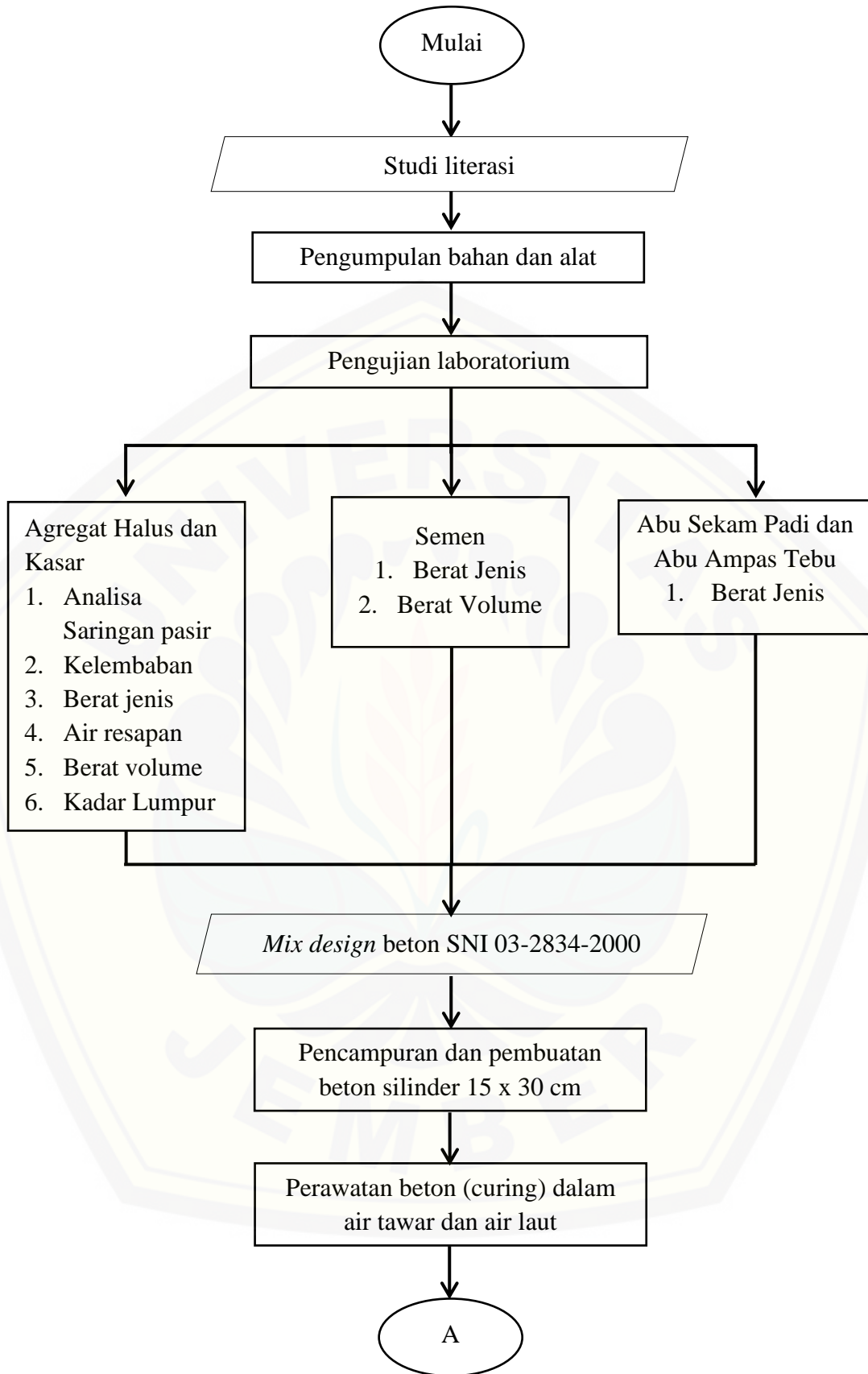
3.9 Metode Pengujian Kuat Tekan

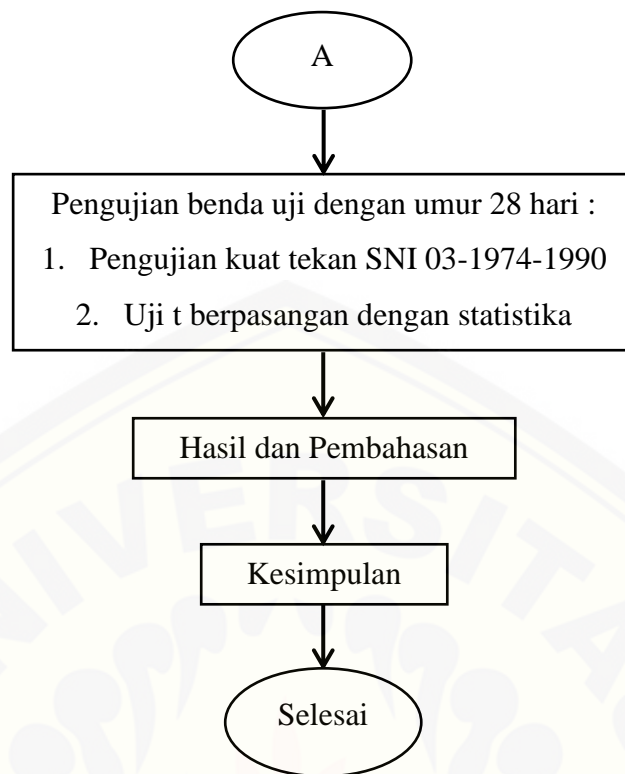
Adapun cara pengujian kuat tekan beton sesuai SNI 03-1974-2011 adalah melakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Menimbang berat volume dan mengukur dimensi benda uji
2. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
3. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban
4. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
5. Mencatat keadaan benda uji

Tahapan dalam penelitian ini juga disajikan secara skematis dalam bentuk diagram alir pada gambar 3.2. Diagram alir ini bertujuan untuk mempermudah proses penelitian mulai dari awal sampai akhir.







Gambar 3.2 *Flow chart* penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil serangkaian penelitian dan analisis dapat diambil kesimpulan, penambahan abu sekam padi dan abu ampas tebu mempengaruhi kuat tekan beton. Pada kondisi perendaman air tawar didapatkan kuat tekan beton tertinggi sebesar 29,81 Mpa pada proporsi 2,5 % ASP + 7,5 % AAT, sedangkan pada kondisi perendaman air laut di dapatka kuat tekan beton tertinggi sebesar 33,04 Mpa pada proporsi 2,5% ASP + 7,5 % AAT. Perlakuan perendaman pada air laut cenderung menghasilkan kuat tekan beton tinggi, hipotesis tersebut disebabkan air laut yang mampu meningkatkan kuat tekan beton di usia dini, dikarenakan adanya kandungan klorida pada air laut yang membentuk kristal garam friedel pada beton.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dianjurkan berkaitan dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan yaitu.

1. Menggunakan tipe semen yang lain untuk beton dengan perlakuan perendaman air tawar dan air laut.
2. Menambah waktu perendaman beton agar bisa meneliti ketahanannya (durabilitas) pada air laut.
3. Perlu adanya uji kimia untuk air laut, uji XRD untuk abu sekam padi dan abu ampas tebu, serta uji SEM untuk benda uji.
4. Perlu menggunakan agregat halus yang lebih kasar agar beton memiliki nilai slump yang memenuhi dan kelecakan yang lebih baik.
5. Saat penuangan kedalam cetakan perlu dilakukan perojokan dan pengetukan secara terus menerus agar dihasilkan beton yang compact.
6. Perlu dilakukan perendaman hingga umur 90 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, 2012. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Campuran dalam Peningkatan Kekuatan Beton*. Teknik Sipil Universitas Negeri Medan.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Produksi Padi Tahun 2014*. [serial onlen]. Tersedia pada <http://www.bps.go.id/brs/view/id/1122> (diakses pada 3 Agustus 2015).
- Departemen Pekerjaan Umum. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Badan Standarisasi Nasional.
- Erniati, Tjaronge, dkk. 2013. *Konsistensi dan Kuat Tekan Mortar yang Menggunakan Air Laut sebagai Mixing Water*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Universitas Sebelas Maret.
- Gerry Phillip Rompas, 2013. *Pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton ditinjau terhadap kuat tarik lentur dan modulus elastisitas*. Teknik Sipil universitas Sam Ratulangi.
- Hidayati, 2010. *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Batako*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara.
- Hunggurami, Elia, dkk. 2014. *Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton*. Jurnal Teknik Sipil. Vol 3 No.2.
- Kasih, Ranti Yulia., dkk. 2012. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC dengan Perendaman Dalam Asam Sulfat dan Analisis Larutan Rendaman Mortar*. Jurnal Kimia. 1 (1): 28-39.
- Kustantiyo, Mohammad Fahad. 2017. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Abu Sekam Padi sebagai Pozzolan dengan Agregat Kasar Batu Skoria Pada Beton Ringan Struktural*. Teknik Sipil Universitas Jember.
- Li, Guoxin. (Ed.). 2017. *Study on the Resistance to Seawater Corrosion of the Cementitious Systems Containing Ordinary Portland Cement or/and Calcium Aluminate Cement*. China: Xi'an University of Architecture & Technology.
- Mardiono. 2011. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dalam Beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Gunadarma Jakarta.

- Mindrasari, Pricillia., dkk. 2014. *Pengaruh Curing Air Laut Pada Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Belah dan Modulus of Repture*. Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret.
- Nugraha, Paul. & Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta : ANDI.
- Wedhanto, Sonny. 2017. *Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di Kota Malang*. Jurnal Bangunan. Vol 22, No.2.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan





| No | Tanggal | Kegiatan | Karakteristik Pasir | Satuan | Hasil | Paraf Teknisi |
|----|-------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------|---------------|
| 1 | 8 Feb 2018 | Pengujian pasir | Berat volume kondisi padat | g/cm ³ | 1,537 | |
| | | | Berat volume kondisi gembur | g/cm ³ | 1,368 | |
| | | | Berat jenis | g/cm ³ | 2,73 | |
| | | | Kelembaban | % | 0,093 | |
| | | | Air resapan | % | 0,976 | |
| | | | Kadar lumpur | % | 0,495 | |
| | | | Analisa saringan agregat | | zona 3 | |
| | | | Modulus kehalusan | % | 1,26 | |
| 2 | 15 Feb 2018 | Pengujian kerikil | Berat volume kondisi padat | g/cm ³ | 1,666 | |
| | | | Berat volume kondisi gembur | g/cm ³ | 1,525 | |
| | | | Berat jenis | g/cm ³ | 2,69 | |
| | | | Kelembaban | % | 1,75 | |
| | | | Air resapan | % | 2,404 | |
| | | | Kadar lumpur | % | 0,65 | |
| | | | Analisa saringan agregat | | zona 2 | |
| | | | Keausan agregat | % | 40 | |
| 3 | 25 Feb 2018 | Pengujian semen | Berat volume kondisi padat | g/cm ³ | 1,195 | |
| | | | Berat volume kondisi gembur | g/cm ³ | 1,280 | |
| | | | Berat jenis | g/cm ³ | 3,02 | |
| 4 | 27 Feb 2018 | Abu Sekam Padi | Berat jenis | g/cm ³ | 2,81 | |
| 5 | 27 Feb 2018 | Abu Ampas Tebu | Berat jenis | g/cm ³ | 2,71 | |






Lampiran 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton




| No | Tanggal | Proporsi Campuran | | P (kN) | fc' (Kg/cm ²) | Berat (kg) | Berat Isi (Kg/cm ³) | Paraf Teknisi |
|----|---------------|-------------------|-----------|--------|---------------------------|------------|---------------------------------|---------------|
| 1 | 16 April 2018 | BU 0% | Air Tawar | 403,87 | 22,85 | 13 | 2451,18 | |
| | | | | 524,36 | 29,66 | 12,99 | 2449,29 | |
| | | | | 653,68 | 36,98 | 12,74 | 2402,15 | |
| | | | | 435,46 | 24,63 | 12,64 | 2383,30 | |
| | | | | 435,48 | 24,63 | 12,7 | 2394,61 | |
| | | | | 395,97 | 22,40 | 12,71 | 2396,50 | |
| | | | Air Laut | 456,44 | 25,82 | 12,95 | 2441,75 | |
| | | | | 560,64 | 31,71 | 13,03 | 2456,84 | |

| No | Tanggal | Proporsi Campuran | | P (kN) | fc' (Kg/cm ²) | Berat (kg) | Berat Isi (Kg/cm ³) | Paraf Teknisi | | |
|----------|----------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|---------------------------------|---------------|---------|--|
| | | | | 673,58 | 38,10 | 12,95 | 2441,75 | | | |
| | | | | 432,47 | 24,46 | 13,01 | 2453,06 | | | |
| | | | | 604,48 | 34,19 | 12,99 | 2449,29 | | | |
| | | | | 572,71 | 32,40 | 12,97 | 2445,52 | | | |
| 2 | 22 dan 28 April 2018 | BU 2,5% ASP + 7,5% AAT | Air Tawar | 667,33 | 37,75 | 12,93 | 2437,98 | | | |
| | | | | 591,93 | 33,48 | 12,65 | 2385,19 | | | |
| | | | | 478,41 | 27,06 | 12,87 | 2426,67 | | | |
| | | | | 387,55 | 21,92 | 12,65 | 2385,19 | | | |
| | | | | 519,96 | 29,41 | 12,72 | 2398,38 | | | |
| | | | 517,29 | 29,26 | 12,51 | 2358,79 | | | | |
| | | | Air Laut | 616,96 | 34,90 | 12,71 | 2396,50 | | | |
| | | | | 648,68 | 36,69 | 12,88 | 2428,55 | | | |
| | | | | 586,26 | 33,16 | 12,64 | 2383,30 | | | |
| | | | | 608,65 | 34,43 | 12,5 | 2356,90 | | | |
| | | 559,71 | | 31,66 | 12,49 | 2355,02 | | | | |
| | | | | | 484,58 | 27,41 | 12,61 | 2377,64 | | |
| | | 3 | 1 Mei 2018 | BU 5% ASP + 5% AAT | Air Tawar | 396,15 | 22,41 | 13 | 2451,18 | |
| | | | | | | 517,38 | 29,27 | 13,03 | 2456,84 | |
| 623,35 | 35,26 | | | | | 12,62 | 2379,53 | | | |
| 547,9 | 30,99 | | | | | 12,72 | 2398,38 | | | |
| 546,36 | 30,91 | | | | | 12,89 | 2430,44 | | | |
| 479,29 | 27,11 | | | | 12,65 | 2385,19 | | | | |
| Air Laut | 652,04 | | | | 36,88 | 12,95 | 2441,75 | | | |
| | 497,12 | | | | 28,12 | 12,86 | 2424,78 | | | |
| | 430,94 | | | | 24,38 | 12,73 | 2400,27 | | | |
| | 552,66 | | | | 31,26 | 12,68 | 2390,84 | | | |
| | 551,65 | | | 31,20 | 12,67 | 2388,96 | | | | |
| | | | | | 567,14 | 32,08 | 12,84 | 2421,01 | | |
| 4 | 7 dan 9 Mei 2018 | | | BU 7,5% ASP + 2,5% AAT | Air Tawar | 471,83 | 26,69 | 13 | 2451,18 | |
| | | | | | | 553,74 | 31,32 | 12,74 | 2402,15 | |
| | | 560,72 | 31,72 | | | 12,69 | 2392,73 | | | |
| | | 425,13 | 24,05 | | | 12,79 | 2411,58 | | | |
| | | 478,24 | 27,05 | | | 12,64 | 2383,30 | | | |
| | | 486,99 | 26,53 | | 12,65 | 2385,19 | | | | |
| | | Air Laut | 418,49 | | 23,67 | 12,83 | 2419,12 | | | |
| | | | 541,78 | | 30,65 | 12,7 | 2394,61 | | | |
| | | | 451,48 | | 25,54 | 12,78 | 2409,70 | | | |
| | | | 482,64 | | 27,30 | 12,74 | 2402,15 | | | |
| | | | 439,95 | 24,89 | 12,66 | 2387,07 | | | | |
| | | | | | 584,67 | 33,07 | 12,84 | 2421,01 | | |

Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan

| No | Tanggal | Kegiatan | Dokumentasi | Tempat | Paraf Teknisi |
|----|---------------|-----------------|--|--|---------------|
| 1 | 2 Feb 2018 | Persiapan bahan | | | |
| | | Abu Sekam Padi |  | Pabrik Penggilingan Padi, Sumber Jeruk Kalisat, Jember | |
| | | Abu Ampas Tebu |  | Pabrik Gula Prajekon, Bondowoso | |
| | | Pasir |  | Pasirian, Lumajang | |
| | | Kerikil |  | Panti, Jember | |

| | | | | | |
|---|------------|-----------------|--|---|--|
| | | Semen |  | Toko bahan bangunan | |
| 2 | 8 Feb 2018 | Pengujian bahan | | | |
| | | Abu Sekam Padi |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| | | Abu Ampas Tebu |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| | | Pasir |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| | | Kerikil |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |

| | | | | | |
|---|---------------|----------------------------|--|---|--|
| | | |  | | |
| | | Semen |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| 3 | 18 Maret 2018 | Pembuatan benda uji beton |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| 4 | 19 Maret 2018 | Perawatan beton |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
| 5 | 16 April 2018 | Pengujian kuat tekan beton |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |

| | | | | | |
|---|------------------|---------------------------------|--|---|--|
| 6 | 16 April 2018 | Pengujian berat isi beton |  | Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember | |
|---|------------------|---------------------------------|--|---|--|

