



**PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL  
PENGANTI SEMEN DAN LIMBAH SERBUK MARMER  
SEBAGAI PENGISI PADA CAMPURAN BETON**

**SKRIPSI**

oleh:

M. Ainur Rofiqi

NIM 111910301046

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL  
PENGANTI SEMEN DAN LIMBAH SERBUK MARMER  
SEBAGAI PENGISI PADA CAMPURAN BETON**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

**M. AINUR ROFIQI  
NIM 111910301024**

**PROGRAM STUDI STRATA I  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan Berkah dan Rahmat-Nya dalam setiap detik nafas saya.
2. Kedua orang tua saya, Ibu Chumrotin dan Bapak Maschunin yang telah mendukung saya dalam kondisi apapun.
3. Kakakku Dewi Chusniah, Taufikhur Rohman, Lutfianto, Miftachul Rochmah, Miftachul Choiri, dan M. Yusuf Hanafi yang selalu memberikan semangat.
4. Seluruh keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan doa untuk kesuksesan.
5. Guru-guruku dari TK sampai dengan SMA, serta bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember, yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya dengan penuh kesabaran.
6. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa daripada rahmat Allah melainkan orang yang kufur.  
(terjemahan QS. Yusuf ayat 87)

“Tuhan menaruhmu di tempat yang sekarang, bukan karena kebetulan. Orang yang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan, dan kenyamanan. Mereka dibentuk melalui kesukaran, tantangan, dan air mata.”  
(Dahlan Iskan).

Jika tangan merubah takdir, pohon tua menjelma taman surgawi. Ku yakin engkau lah tangan itu. (Dialog Dini Hari)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. AINUR ROFIQI

NIM : 111910301046

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Material Pengganti Semen dan Limbah Serbuk Marmer sebagai Pengisi pada Campuran Beton”** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Oktober 2015

Yang menyatakan,

M. Ainur Rofiqi

NIM. 111910301046

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL  
PENGANTI SEMEN DAN LIMBAH SERBUK MARMER  
SEBAGAI PENGISI PADA CAMPURAN BETON**

oleh:

M. Ainur Rofiqi

NIM 111910301046

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul **“Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Material Pengganti Semen dan Limbah Serbuk Marmer sebagai Pengisi pada Campuran Beton”**  
(M. Ainur Rofiqi: NIM. 111910301046) telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 21 September 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,  
Dwi Nurtanto, ST.,MT.  
NIP.19731015 199802 1 001

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

Penguji I,

Penguji II,

Ahmad Hasanuddin, ST.,MT.  
NIP.19710327 199803 1 003

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

Mengesahkan

Fakultas Teknik  
Universitas Jember  
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Material Pengganti Semen dan Limbah Serbuk Marmer sebagai Pengisi pada Campuran Beton;** M. Ainur Rofiqi, 111910301046; 2015; 51 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keberadaan beton yang semakin meningkat guna pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di dunia, tanpa disadari ketersediaan komponen campuran beton di alam secara potensial dapat dimanfaatkan manusia tetapi tidak bertambah jumlahnya atau tidak dapat diperbaharui. Berbicara tentang komponen campuran beton yang tidak dapat diperbarui, dalam penelitian ini memfokuskan peran penambahan limbah sebagai pengganti semen. Secara garis besar, semen merupakan salah satu komponen beton yang 60-65% berasal dari oksida kapur, yang berfungsi sebagai perekat agregat dan pengisi rongga pada beton.

Penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti semen dan limbah serbuk marmer sebagai pengisi atau *filler* pada campuran beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya penggunaan kedua bahan tersebut terhadap kuat tekan beton jika dilihat dari persentase perbedaannya.

Melalui metode eksperimental laboratorium dengan komposisi penggunaan bahan yang dipakai dalam campuran beton yaitu : ASP 0% LSM 0%, ASP 10% LSM 0%, ASP 10% LSM 20%, ASP 15% LSM 0%, dan ASP 15% LSM 20% dari berat semen. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton pada benda uji umur 7, 14, dan 28 hari. Metode perancangan campuran yang digunakan adalah DoE (*British Departement of Environment*) dengan kuat tekan rencana beton normal sebesar 18,7 Mpa.

Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi (ASP) dan limbah serbuk marmer (LSM) pada campuran beton dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Pengaruh yang terjadi adalah semakin



meningkatnya nilai kuat tekan beton jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal. Penggunaan ASP sampai kadar 0 - 15% dengan penambahan 0% LSM dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Penambahan 20% LSM sebagai *filler* pada campuran beton ASP 10% dapat meningkatkan kuat tekan. Sedangkan penambahan 20% LSM sebagai *filler* pada campuran beton ASP 15% dapat menurunkan nilai kuat tekan, namun lebih tinggi dari beton normal.



## SUMMARY

**The Use of Rice Husk Ash as Cement Replacement Material and Marble Powder Waste as Filler in Concrete Mixture;** M. Ainur Rofiqi, 111910301046; 2015; 51 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

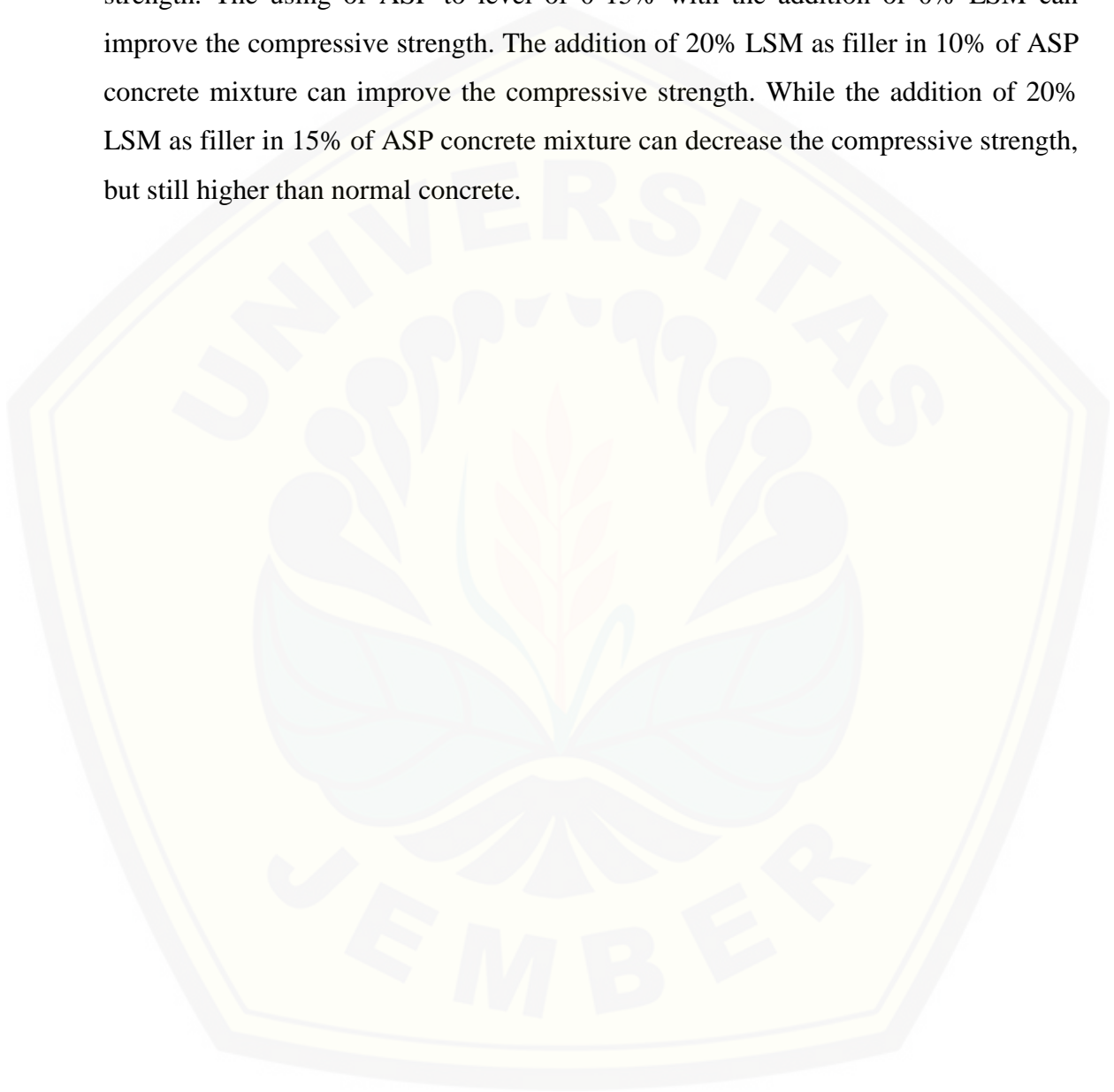
Increasing concrete existence for the growth or development of construction industry in the world, without realizing the availability of mixed concrete components in nature can potentially be exploited by human but not increased in number or non-renewable. Speaking about the concrete mixture components that can not be renew, in this study is focused to the role of the addition of waste as a substitute for cement. Broadly speaking, cement is one of the concrete components which 60-65% comes from the lime oxide, which serves as an adhesive aggregate in the cavity filler and concrete.

The use of rice husk ash as a substitute for cement and marble powder waste as a filler or filler in concrete mixture that aims to determine the effect of amount of both materials toward compressive strength of concrete when seen from the percentage of difference.

Through the method of experimental laboratory with the composition of the materials used in the concrete mixture, namely: ASP 0% LSM 0%, ASP 10% LSM 0%, ASP 10% LSM 20%, ASP 15% LSM 0%, and ASP 15% LSM 20% of the weight of the cement. Experiments that conducted were the strength of concrete in the specimen aged 7, 14 and 28 days. Mix design method used is the DoE (British Department of Environment) with a compressive strength of normal concrete plan of 18.7 Mpa.

Concrete compressive strength test results indicate that the use of rice husk ash (ASP) and marble powder waste (LSM) in the concrete mixture can affect the value

of the compressive strength of concrete. The effect that occurs is the increasing of concrete compressive strength when compared with normal concrete compressive strength. The using of ASP to level of 0-15% with the addition of 0% LSM can improve the compressive strength. The addition of 20% LSM as filler in 10% of ASP concrete mixture can improve the compressive strength. While the addition of 20% LSM as filler in 15% of ASP concrete mixture can decrease the compressive strength, but still higher than normal concrete.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih karuniaNya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul **“Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Material Pengganti Semen dan Limbah Serbuk Marmer sebagai Pengisi pada Campuran Beton”** dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi dan serbuk marmer terhadap kuat tekan beton.

Dalam penyusunan dan pelaksanaannya banyak terdapat berbagai macam kendala namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka skripsi ini terselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.
3. Dwi Nurtanto, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I, Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM., selaku Dosen Pembimbing II, Ketut Aswatama S.,ST.,MT., selaku Dosen Penguji I, Samsul Arifin, ST., MT., selaku Dosen Penguji II, dan Erno Widayanto, ST., MT., selaku dosen konsultasi. Yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan dan penyusunan skripsi ini.
4. Galih Aji S., Teguh Ari C., Asmara Deska P., Faizal Rachmat, Wahyu Budi K., Agustina Cahya N., Andiani Herlina, Ervina D., Eka Desy, Dwi Wahyu A., Wildanus Sabiq, Ahmad Said, Nala Hakam, dan Yoga Permadi yang banyak membantu dalam penyelesaian penelitian.

5. Teman-teman seperjuangan sekontrakan, Yanu, Jamal, Ichal, dan Teknik Sipil 2011 Universitas Jember yang memberikan dukungan.
6. Seluruh Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak tersebut, maka penulis tidak akan mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Demikian kiranya semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi peneliti dan pembaca, serta penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Dan akhirnya selain ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya, mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kekurangan atas disusunnya skripsi ini.

Jember, 22 Oktober 2015

Penulis,

M. Ainur Rofiqi

NIM. 111910301046

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Mafaat Penelitian .....	2
1.4 Batasan Permasalahan .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSATAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Abu Sekam Padi .....	5
2.3 Limbah Serbuk Marmer .....	6
2.4 Beton .....	7
2.4.1 Material Pembentuk Beton .....	7

2.4.2 Perencanaan Campuran .....	12
2.4.3 Kuat Tekan Beton .....	19
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	21
3.1.1 Peralatan .....	21
3.1.2 Bahan .....	22
3.2 Diagram Alir .....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.4 Perencanaan Volume Benda Uji .....	28
3.5 Perencanaan Komposisi Campuran Beton .....	29
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Pengujian Material.....	30
4.1.1 Agregat Halus .....	30
4.1.2 Agregat Kasar .....	31
4.1.3 Semen .....	32
4.1.4 Abu Sekam Padi .....	33
4.1.5 Limbah Serbuk Marmer .....	33
4.2 Pembuatan Benda Uji .....	34
4.2.1 Perencanaan Campuran Beton atau <i>Mix Design</i> .....	34
4.2.2 Proses Pengecoran .....	35
4.2.3 Perawatan Beton .....	36
4.3 Pengujian Benda Uji .....	37
4.3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	37
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.1 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kandungan Kimia Abu Sekam Padi.....	5
2.2 Kandungan Kimia Pecahan Marmer .....	7
2.3 Susunan Unsur Semen Portland .....	8
2.4 Jenis-jenis Semen Portland .....	8
2.5 Batasan Gradasi Agregat Halus Menurut ASTM C 33-97 .....	9
2.6 Faktor Perkalian <i>Deviasi Standart</i> .....	13
2.7 Nilai Deviasi Standart Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan .....	13
2.8 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0.5 .....	15
2.9 Persyaratan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus .....	15
2.10 Penetapan Nilai <i>Slump</i> (cm) .....	16
2.11 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton (liter) .....	16
2.12 Batas Gradasi Pasir .....	18
3.1 Perencanaan Komposisi Campuran Beton .....	29
4.1 Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-76) .....	30
4.2 Analisa Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	31
4.3 Analisa Saringan Kerikil .....	31
4.4 Analisa Pengujian Agregat Kasar (Kerikil) .....	32
4.5 Analisa Pengujian Semen PC Tiga Roda .....	33
4.6 Perencanaan Campuran ( <i>mix design</i> ) .....	34
4.7 Proporsi Kebutuhan Campuran .....	35
4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Pasta .....	38
4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	40



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.0 Abu Sekam Padi .....	6
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2 Bekisting Penelitian .....	28
4.1 Pencampuran Material dalam Molen .....	35
4.2 Pengujian Slump .....	36
4.3 Pencetakan Benda Uji .....	36
4.4 Perawatan Beton .....	37
4.5 Pengujian Beton .....	37
4.6 Hubungan Kuat Tekan Pasta dengan Proporsi ASP dan LSM Umur 7 hari.....	39
4.7 Hubungan Kuat Tekan Pasta dengan Proporsi ASP dan LSM Umur 28 hari .....	40
4.8 Hubungan Prosentase Kuat Tekan Beton dan Perilaku Beton Umur 7 Hari.....	42
4.9 Hubungan Prosentase Kuat Tekan Beton dan Perilaku Beton Umur 14 Hari .....	43
4.10 Hubungan Prosentase Kuat Tekan Beton dan Perilaku Beton Umur 28 Hari.....	43
4.11 Perbandingan Kuat Tekan Beton dan Kadar ASP.....	44
4.12 Perbandingan Kuat Tekan Beton dan Kadar ASP LSM .....	45

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A Analisa Agregat Halus .....	52
B Analisa Agregat Kasar .....	55
C Analisa Semen.....	58
D Tabel Pengujian Kuat Tekan Beton .....	60
E Tabel Pengujian Kuat Tekan Pasta.....	67
F Dokumentasi Penelitian.....	68

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Keberadaan beton yang semakin meningkat guna pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di dunia, tanpa disadari ketersediaan komponen campuran beton di alam secara potensial dapat dimanfaatkan manusia tetapi tidak bertambah jumlahnya atau tidak dapat diperbaharui.

Berbicara tentang komponen campuran beton yang tidak dapat diperbarui, dalam penelitian ini memfokuskan peran penambahan limbah sebagai pengganti semen. Secara garis besar, semen merupakan salah satu komponen beton yang 60-65% berasal dari oksida kapur, yang berfungsi sebagai perekat agregat dan pengisi rongga.

Abu sekam adalah bagian terluar dari padi yang merupakan hasil penggilingan dan pembakaran. Nilai paling umum kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dari abu sekam adalah 94-96% dan apabila nilainya mendekati atau dibawah 90% kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi dengan zat lain yang kandungan silikanya rendah. (Houston, 1972; Prasad, et al., 2000 dalam Risal, M). Secara paraktis, variasi kandungan silika dari abu sekam padi bergantung pada teknik pembakaran (waktu dan suhu). Pembakaran pada suhu  $550^\circ\text{C}$ – $800^\circ\text{C}$  menghasilkan *silika amorf* dan pembakaran pada suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan kristal silika fase kristobalit dan tridimat (hara, 1986 dalam Risal, M).

Penelitian tentang pemanfaatan limbah marmer atau abu sekam padi dalam beton sudah banyak dilakukan, salah satunya adalah tentang penambahan limbah serbuk marmer sebagai pengisi pada beton dan penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti semen. Namun saat ini belum ada penelitian beton dengan campuran kedua

bahan tersebut. Dengan menambahkan kedua bahan tersebut, diharapkan mampu memperbaiki nilai kuat tekan beton menjadi lebih tinggi.

Hasil penelitian PT Sucofindo Jakarta menyebutkan bahwa komposisi yang terkandung dalam limbah marmer adalah senyawa CaO dengan kadar 52.69% , CaCO<sub>3</sub>, 41.92% , MgO 0.84% , MgCO<sub>3</sub> 1.76% , SiO<sub>2</sub> 1.62%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.37% dari hasil ini terlihat komposisi utama limbah marmer adalah zat kapur (Priyo Subekti, 2007). Sebagian senyawa tersebut juga terdapat dalam semen, bahkan kadar senyawa CaO dalam limbah marmer hampir sama dengan semen, yaitu 52.29% pada limbah marmer dan 60-67% pada semen (Susilowati, 2011).

Pada penelitian ini, peranan tambahan dua bahan pada hakekatnya dimaksudkan untuk mencapai pemanfaatan sumber daya optimal yang dapat mencegah kerusakan lingkungan akibat peningkatan kebutuhan semen dengan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat disusun adalah bagaimana pengaruh penggunaan abu sekam padi dan limbah serbuk marmer dalam campuran *powder* terhadap kuat tekan beton jika dilihat dari prosentase perbedaannya.

## 1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui proporsi campuran beton
2. Mengetahui pengaruh besarnya prosentase penggunaan abu sekam padi dan limbah serbuk marmer yang digunakan dalam campuran *powder* terhadap kuat tekan beton.

Manfaat penambahan abu sekam padi dan limbah serbuk marmer dari penelitian ini adalah sebagai alternatif beton pengganti semen dengan kuat tekan yang lebih optimal dari beton normal.

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

- Mutu Beton 18,7 Mpa
- Faktor air semen 0,6
- Abu sekam padi lolos ayakan no. 200 sebagai pengganti semen
- Abu sekam padi berasal dari daerah Wirolegi Kabupaten Jember
- Limbah serbuk marmer lolos ayakan no. 200 sebagai *filler*
- Limbah serbuk marmer berasal dari limbah produksi daerah Gamping Kecamatan Campudarat, Kabupaten Tulungagung Pengurangan proporsi semen 10%, dan 15%
- Penambahan limbah serbuk marmer 20%
- Tidak memperhitungkan daya serap abu sekam padi dan limbah serbuk marmer
- Pengujian kuat tekan beton
- Perawatan beton terus menerus basah
- Standart pengujian dan pengolahan data yang dilakukan berdasarkan ASTM Standart dan SKSNI.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Istiqomah dan Shanti Kurnia 2013, dalam skripsi yang berjudul “Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi Pada Beton” melakukan penelitian terhadap beton dengan menambahkan limbah marmer sebagai pengisi pada beton dengan menggunakan metode rancang campur ACI (*American Concrete Institute*). Beton direncanakan dengan kuat tekan sebesar 25 Mpa. Limbah beton yang digunakan adalah limbah marmer berupa serbuk yang didapatkan dari daerah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat. Besar penambahan limbah marmer adalah 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% dari berat semen. Hasil Pengujian kuat tekan menunjukkan pada penambahan 10-20% memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan.

Loly Siti Khadijah Lubis 2004, dalam tesis yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Material Pengganti Semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton” melakukan penelitian terhadap beton. Proporsi campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa campuran dengan pengurangan 20% menjadi kadar optimum dalam peningkatan kuat tekan.

Galih Aji S 2015 dalam skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serbuk Marmer dan Sekam Padi Terhadap Pasta Semen” melakukan penelitian terhadap pasta beton dengan memberikan penambahan abu sekam padi dan limbah serbuk marmer terhadap proporsi pasta. Pada kedua bahan tersebut berfungsi sebagai *filler* atau pengisi dan pengganti semen. Pada tabel 2.1 di bawah dijelaskan proposi campuran dan hasil kuat tekan pasta berukuran 5 x 5 x 5 cm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran abu sekam padi sebagai pengganti 10% dan limbah serbuk marmer sebagai *filler* sebesar 20%.

## 2.2 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah hasil pembakaran kulit terluar padi yang mempunyai potensi dalam perkuatan beton pada proporsi campuran semen.. Hal ini dikarenakan abu sekam padi mempunyai sifat pozzolan yang tinggi dan mengandung silika.

Proses pembakaran menjadi abu akan menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa yang banyak mengandung silika. Perlakuan panas pada sekam menghasilkan perubahan struktur yang berpengaruh pada tingkat aktivitas pozzolan dan kehalusan butiran abu.

Berikut adalah komposisi kimia abu sekam padi.

Tabel 2.1 Kandungan Kimia Abu Sekam Padi

No	Komponen	Prosentase komposisi (%)
1	SiO <sub>2</sub>	94.5
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.05
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,05
4	CaO	0.25
5	MgO	0.23
6	SO <sub>4</sub>	1.13
7	CaO bebas	-
8	Na <sub>2</sub> O	0.78
9	K <sub>2</sub> O	1

*Sumber : Loly S.K. Lubis (2004)*

Dari tabel di atas, terlihat bahwa abu sekam padi mempunyai kandungan silika hingga 94%. Komposisi silika yang cukup besar membuat sekam padi bersifat pozzolan yang bila dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi.

Sumber ketersediaan bahan abu sekam padi pada penelitian ini adalah abu sekam padi hasil dari proses pembakaran batu bata di daerah Wirolegi Kabupaten

Jember. Banyaknya masyarakat Wirolegi yang berprofesi sebagai pembuat batu bata dan menggunakan sekam padi untuk proses pembakaran menjadikan ketersediaan abu sekam padi di daerah ini berlimpah.



Gambar 2.0 Abu Sekam Padi

### 2.3 Serbuk Marmer

Serbuk marmer adalah limbah / sisa produksi suatu *furniture* atau barang lainnya yang terbuat dari bahan dasar batu marmer. Batu marmer merupakan metamorfosa dari batuan gamping atau dolomit ( $\text{CaCO}_3$ ) yang diperoleh dari alam melalui kegiatan pertambangan.

Pada penelitian ini, limbah serbuk marmer yang digunakan berasal dari daerah Gamping Kecamatan Campudarat, Kabupaten Tulungagung. Banyaknya pabrik marmer di Tulungagung menjadikan ketersediaan limbah serbuk marmer berlimpah dan diperjual belikan. Data rekapitulasi produksi galian penambang 2014 Kabupaten Tulungagung yang ada pada Dinas PU Pengairan dan ESDM menyebutkan bahwa di daerah Gamping terdapat tiga perusahaan yang melakukan penambangan dengan luas lahan 26,852 Ha dan menghasilkan 19257.21 ton pada bulan Januari-November 2014. Pada tabel 2.2 di bawah akan dijelaskan kandungan kimia pada marmer.



Tabel 2.2 Kandungan Kimia Pecahan Marmer

No	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> )	0.13
2	Alumunium Dioksida (AlO <sub>3</sub> )	0.31
3	Feri Oksida (FeO <sub>3</sub> )	0.04
4	Kalsium Oksida (CaO)	55.07
5	Magnesium Oksida (MgO)	0.36
6	Potash (K <sub>2</sub> O)	0.01
7	Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	0.08
8	Loss on Ignition (LoI)	44

*Sumber : Wihardi dkk, 2006*

## 2.4 Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam ataupun pasir hasil dari industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai berupa batu alam maupun batuan hasil industri.

### 2.3.1 Material Pembentuk Beton

Pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan proporsi campuran yang tepat, pelaksanaan penelitian, dan perawatan yang baik serta penambahan bahan tambahan yang tepat akan menentukan kualitas beton yang dihasilkan.

#### 2.3.1.1 Semen Portland

Berfungsi sebagai perekat butiran-butiran agregat dan pengisi rongga. Semen portland memerlukan air untuk berlangsungnya reaksi kimia sehingga mengeras membentuk massa yang padat.

Bahan dasar pembentuk semen Portland adalah kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Oksida tersebut bereaksi membentuk suatu produk yang terbentuk akibat peleburan.

Tabel 2.3 Susunan Unsur Semen Portland

No	Oksida	Persen (%)
1	Kapur (CaO)	60-65
2	Silika (SiO <sub>2</sub> )	17-25
3	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-8
4	Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.5-6
5	Magnesium (MgO)	0.5-4
6	Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1-2
7	Potash (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	0.5-1

*Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995*

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150 (1985) semen Portland diartikan sebagai bahan hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Tabel 2.4 Jenis-jenis Semen Portland

Jenis Semen	Karakteristik Umum
Jenis I	Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
Jenis II	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
Jenis III	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan.

Jenis IV	Semen Portland yang penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah
Jenis V	Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

*Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995: 11*

### 2.3.1.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton dengan proporsi campuran 70-75 persen dari total campuran beton. Oleh karena itu kualitas agregat berpengaruh terhadap kualitas beton.

Penggunaan agregat berfungsi untuk memberi bentuk pada beton, member kekerasan yang dapat menahan beban, goresan, dan cuaca, serta mengontrol *workability*. Persyaratan teknis agregat beton mengacu pada pasal 3.3-3.5 Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) tahun 1971 dan standar ASTM C 33-97.

Agregat yang dipakai dalam campuran beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### A. Agregat halus

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

Tabel 2.5 Batasan gradasi agregat halus menurut ASTM C 33-97

Ukuran Saringan	Presentase Lolos Saringan (%)
9.5 mm	100
+ 4.75 mm	95-100
2.36 mm (No. 8)	80-100

1.18 mm (No. 16)	50-85
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	25-60
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	10-30
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	2-10

*Sumber: ASTM C 33-97*

Pasir dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Pasir galian yang diperoleh dari permukaan tanah
2. Pasir sungai yang diambil dari sungai
3. Pasir laut yang diperoleh dari pantai (digunakan dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang di akui).

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum 1982, maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci.
3. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%.
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
  - a. Tertahan ayakan 4 mm, harus minimum 2%
  - b. Tertahan ayakan 1 mm, harus berkisar 10% berat
  - c. Tertahan ayakan 0,25, harus berkisar antara 80% sampai 90%.

## B. Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry dengan ukuran 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 batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut DPU tahun 1982 adalah sebagai berikut :

a. Syarat fisik

1. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar 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 Rudelhof 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. Kekekalan terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  bagian yang hancur maksimal 12% berat.
2. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

### 2.3.1.3 Air

Air merupakan komponen yang penting dalam pembuatan beton karena dengan adanya air dapat terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang mengakibatkan terjadinya pengikatan dan proses pengerasan.

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi oleh reaksi antara semen dan air, sehingga air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam atau zat organik lainnya yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu.

#### 2.4.2 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode DoE (*Department of Environment*) berasal dari Inggris (*The British Mix Design Methode*), tercantum dalam *Design of Normal Concrete Mixes* telah menggantikan *Road Note No. 4* sejak tahun 1975. Di Indonesia DoE digunakan sebagai standar perencanaan DPU dan dimuat dalam buku standar SNI 03-2834-2000. Metode ini digunakan dikarenakan merupakan metode yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat diantaranya penggunaan rumus dan grafik, waktu pencampuran beton pada kondisi SSD tanpa harus kering open. Langkah metode ini secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu. Penetapan kuat tekan ini disyaratkan dengan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.
- b. Penetapan nilai *deviasi standart* ( $s$ ).

*Deviasi standart* ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik mutu pelaksanaan maka semakin kecil nilai standar deviasinya. Jika jumlah data hasil pengujian kurang dari 30 benda uji, sehingga dilakukan koreksi terhadap nilai standart deviasi dengan suatu faktor perkalian pada tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Faktor Perkalian *Deviasi Standart*

<b>Jumlah data</b>	30	25	20	15	<15
<b>Faktor pengali</b>	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 pada sebelumnya yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah), maka nilai margin dapat langsung diambil 12 Mpa. Penilaian tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai *deviasi standart* untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

<b>Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan</b>	<b>SD (Mpa)</b>
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

*Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember*

c. Perhitungan nilai tambah (*margin*)

Jika nilai tambah sudah ditetapkan 12, maka langsung menetapkan kuat tekan rata-rata rencana (langkah d). Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan nilai deviasi standart dengan rumus :

$$M = k x S \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan: M = nilai tambah (Mpa)

$$k = 1,64$$

SD = Standar deviasi (Mpa)

- d. Menetapkan kuat tekan rata-rata rencana.

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan dapat digunakan rumus :

$$f = f + M \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:  $f_c$  = Kuat tekan rata-rata (Mpa)

$f_c$  = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = Nilai tambah (Mpa)

- e. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran.

Penetapan semen berdasarkan karakteristik kegunaannya yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

- f. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar.

Penetapan jenis agregat yang akan digunakan apakah menggunakan pasir alam dan kerikil alam, atau pasir alam dan batu pecah.

- g. Menetapkan faktor air semen

1. Menetapkan FAS berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder/kubus dengan umur rencana.
2. Menetapkan berdasarkan jenis semen dan agregat yang digunakan, dan kuat tekan rata-rata pada umur yang direncanakan. Dapat dilihat pada tabel 2.8.

- h. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Penetapan nilai FAS maksimum dilakukan dengan menggunakan tabel 2.9. Jika nilai FAS maksimum lebih rendah dari nilai FAS sebelumnya (langkah g) maka nilai yang diambil adalah FAS maksimum.



Tabel 2.8 Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat	Kuat Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
I, II, IV	Alami	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Alami	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
III, IV	Alami	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Alami	25	21	46	52	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember

Tabel 2.9 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	FAS maks
Beton di dalam ruang bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling non korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan	
a. Tidak terlindungan dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. Mengalami keadaan kering dan basah berganti-ganti	0,55
b. Mengalami pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0,52

Beton selalu berhubungan dengan air tawar atau payau atau laut 0,52 – 0,75

*Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember*

i. Penetapan Nilai *Slump*

Penetapan nilai *slump* dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkatan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Nilai *slump* yang diinginkan dapat diperoleh dari tabel 2.10.

Tabel 2.10 Penetapan nilai *slump* (cm)

Pemakaian Beton	Max	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan dalam	7,5	15,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

*Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember*

j. Penetapan besar butir agregat maksimum (kerikil)

k. Menetapkan kebutuhan air yang diperlukan per meter kubik beton yang berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan *slump* rencana.

Tabel 2.11 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton (liter)

Besar ukuran mask kerlik (mm)	Jenis batuan	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225

40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

*Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember*

- l. Menghitung berat semen yang diperlukan  
Membagi jumlah air (langkah k) dengan faktor air semen yang diperoleh dari langkah g dan h.
- m. Kadar air semen maksimum  
Pada langkah ini dapat diabaikan jika kadar semen maksimum tidak ditetapkan.
- n. Kebutuhan semen maksimum  
Hal ini untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus seperti lingkungan korosif, air payau dan sebagainya.
- o. Penyesuaian kebutuhan semen  
Pada langkah ini diambil kebutuhan semen yang terbesar, yang diperoleh dari langkah l dan n.
- p. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.  
Apabila jumlah semen berubah akibat langkah n, maka hal yang dilakukan adalah sebagai berikut :
  1. FAS dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum. Pada langkah ini akan menurunkan FAS.
  2. Jumlah air disesuaikan dengan mengendalikan jumlah semen minimum dengan FAS yang dapat menaikkan jumlah air kebutuhan.
- q. Penentuan daerah gradasi agregat halus  
Gradasi didapat dari hasil ayakan yang nantinya akan diklasifikasikan menjadi empat daerah. Pada tabel 2.12 akan dijelaskan batas gradasi pada pasir.

Tabel 2.12 Batas Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat yang Lolos Ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	34-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Universitas Jember

- r. Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Pada langkah ini diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik dengan mencari nilai bandingnya. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, FAS, dan gradasi agregat halus sehingga didapat prosentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

- s. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus :

$$B = \frac{P}{1} \times b + \frac{K}{1} \times b \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan : Bjc = berat jenis agregat campuran

bj H = berat jenis agregat halus

bj K = berat jenis agregat kasar

P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

Ka = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium.

t. Penentuan berat jenis beton

Pada data campuran dari langkah s dan kebutuhan air tiap meter kubik yang ditetapkan pada langkah k.

u. Menentukan kebutuhan agregat campuran

$$Agc = P - (a + s) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : Agc = agregat campuran

P = berat beton per meter kubik

a = kebutuhan air

s = semen

v. Menentukan kebutuhan pasir

$$AgH = Agc \times PH \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan : AgH = agregat halus

Agc = agregat campuran

PH = persentase agregat halus terhadap agregat

w. Menentukan kebutuhan kerikil

$$AgK = Agc - AgH \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan : AgK = kebutuhan agregat kasar

Agc = agregat campuran

AgH = agregat halus

x. Perencanaan Campuran (*mix design*)

Pada tahap ini merupakan rekapitulasi dari tahapan-tahapan sebelumnya yang dikemas dalam bentuk tabel.

### 2.4.2 Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah beton yang memiliki kuat tekan tinggi, yang ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodimulyo, 1996), kuat hancur berkisar 20-50 N/mm<sup>2</sup> pada umur 28 hari.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu:

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Berfungsi memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan terjadinya pengerasan, sebagai pelican campuran kerikil, pasir dan semen dalam mempermudah pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

## 2. Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut.

## 3. Jenis dan jumlah semen

Jenis semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sesuai dengan tujuan penggunaannya.

## 4. Sifat agregat

- a. Kekerasan permukaan yang membuat ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat
- b. Kekerasan agregat kasar
- c. Gradasi agregat

Kuat tekan beton dapat diartikan dengan seberapa besar kemampuan beton untuk menerima beban maksimum sampai beton mengalami retak atau pecah. Pada SNI 03-1974-1990 disebutkan rumus untuk menghitung nilai kuat tekan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

$\sigma$  = kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum yang tertera di alat (kN)

$A$  = luas bidang tekan (cm<sup>2</sup>)

## BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan: digunakan untuk menimbang berat bahan campuran dan berat benda uji.
2. Ayakan: digunakan untuk menganalisa gradasi agregat, abu sekam padi dan serbuk marmer.
3. Gelas Ukur: gelas ukur berkapasitas 1000 ml yang digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan.
4. Mesin *Sieve Shaker*: mesin ini digunakan untuk mengayak agregat yang sudah dimasukkan dalam suatu susunan saringan uji. Susunan saringan uji diletakkan di atas mesin *sieve shaker* dan diklem, Mesin akan mengayak secara mekanik dan waktu pengayakan kurang lebih 10 menit.
5. Kerucut Abrams: digunakan untuk mengukur nilai slump pada adukan beton segar. Pada pengujian nilai slump ini, beton dipadatkan dengan rojokan.
6. Rojokan: berdiameter 1,6 cm dan panjang 60 cm digunakan untuk memadatkan beton pada saat dimasukkan ke cetakan.
7. Oven: digunakan untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.
8. *Digital Compression Test*: untuk mengetahui beban kerja maksimum beton, sehingga diketahui kekuatan benda uji.
9. Alat pengaduk beton (*concrete mixer*): digunakan untuk mencampur bahan beton.

10. Cetakan beton silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
11. Bak peredam atau tempat peredam beton: bak yang berisi air digunakan untuk meredam benda uji pada masa perawatan sebelum benda diuji.

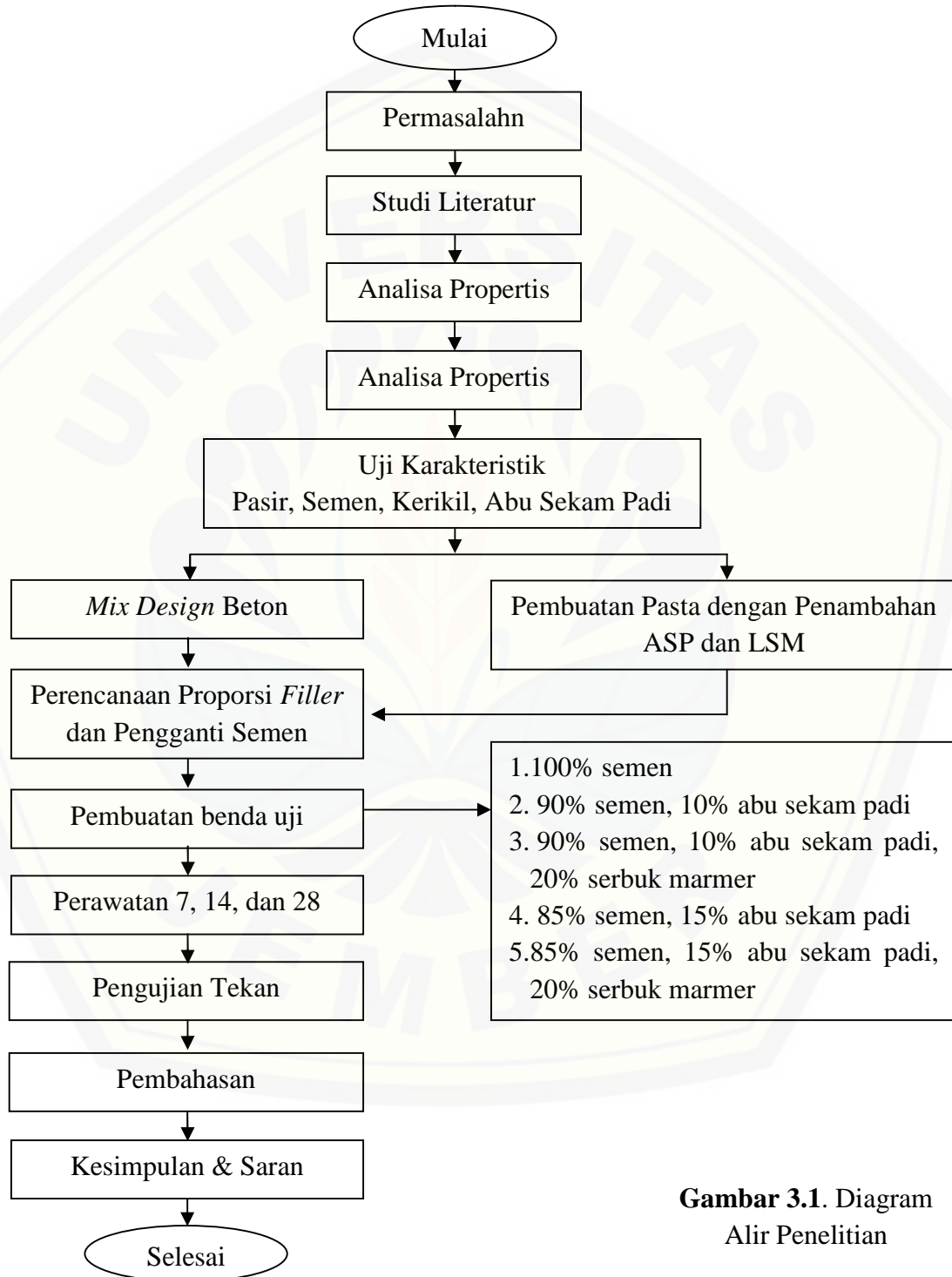
### **3.1.2 Bahan**

1. Semen Portland tipe I merek Tiga Roda dalam kemasan 50 kg.
2. Agregat halus (pasir) berasal dari Lumajang.
3. Agregat kasar (kerikil) berasal dari Jember.
4. Limbah serbuk marmer (LSM): diperoleh dari limbah produksi daerah Gamping Kecamatan Campudarat, Kabupaten Tulungagung.
5. Abu sekam padi (ASP): diperoleh dari pembakaran pada bata di daerah Wirolegi, Jember.
6. Air berasal dari saluran air bersih pada Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.



### 3.2 Diagram Alir

Untuk memperjelas pelaksanaan, berikut adalah diagram alir penelitian :



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

## 3.2.1 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

### 1. Abu sekam Padi dan Serbuk Marmer

- a. Kandungan kimia pada abu sekam dan limbah serbuk marmer diteliti (data pada penelitian terdahulu), agar diketahui kadar silika dan kadar lainnya yang terkandung.
- b. Abu sekam padi dan serbuk marmer yang digunakan pada campuran halus lolos ayakan no 200, abu sekam padi yang tidak memenuhi persyaratan atau tidak lolos ayakan no 200 dibuang.

### 2. Agregat Halus (pasir)

- a. Analisa ayakan (ASTM C 139-95 a) bertujuan untuk mengetahui gradasi butiran pasir dan menentukan *fineness modulus* pasir. Pemeriksaan gradasi pasir dilakukan dengan mengayak contoh pasir pada satu set ayakan. Dari hasil ayakan ditimbang berat yang tertinggal pada masing-masing ukuran ayakan. Derajat kehalusan agregat ditentukan oleh modulus kehalusan (*fineness modulus*). Nilia modulus kehalusan dapat dicari dengan rumus :

$$FM = \% \frac{\text{komulatif tertahan ayakan no.4 } \frac{\text{S}}{\text{d}} \text{ pan}}{100}$$

Batasan-batasab *fineness modulus* sebagai berikut:

- Pasir halus :  $2,2 < FM < 2,6$
  - Pasir sedang :  $2,6 < FM < 2,9$
  - Pasir kasar :  $2,9 < FM < 3,2$
- b. Berat jenis dan penyerapan air (ASTM C 128-93). Berat jenis pasir adalah perbandingan antara berat pasir dengan perubahan volume akibat adanya pasir. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan air (absorsi) pasir.

- c. Berat isi pasir (ASTM C 29 M-91a) bertujuan untuk menentukan berat isi pasir dalam keadaan padat dan longgar.
- d. Kelembaban pasir bertujuan untuk mengukur kelembaban pasir dengan cara kering.

### 3. Agregat Kasar (kerikil)

- a. Analisa ayakan (ASTM C 136-95a) untuk mengetahui gradasi pada distribusi butiran kerikil. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan satu set ayakan yang dipasang dalam mesin *sieve shaker*.
- b. Berat jenis dan penyerapan kerikil (ASTM C 127-88, 1993), untuk mengetahui berat jenis kering, berat jenis semu dan berat jenis SSD kerikil serta menentukan peresapan (*absorbs*) kerikil.

### 4. Semen

Dilakukan pemeriksaan secara fisik apakah semen tersebut sudah beku atau masih layak digunakan, pengujian berat jenis semen dan pengujian berat volume semen.

### 5. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini diperiksa secara fisik saja karena air yang dipakai berasal dari saluran air bersih pada Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, dan tidak mengandung zat-zat yang membahayakan bagi campuran beton.

### 3.2.2 Perencanaan Campuran Beton

- Mutu Beton 18,7 Mpa
- Menggunakan *British Departement of Environment* atau DoE.
- Direncanakan campuran beton menggunakan faktor air semen 0,6
- Abu sekam padi sebagai sementase dan serbuk marmer sebagai *filler*.

- Kadar abu sekam padi divariasikan pada nilai 10% dan 15% dari berat semen per satu benda uji, yang dapat dilihat pada tabel 3.6
- Kadar serbuk marmer divariasikan pada nilai 0%, 15% dan 20% dari berat semen per satu benda uji, yang dapat dilihat pada tabel 3.5

Perencanaan campuran (*mix design*) beton dan hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat pada lampiran.

### 3.2.3 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah :

1. Dilakukan pemeriksaan terhadap bahan campuran yaitu: abu sekam padi, serbuk marmer, pasir, kerikil, semen, dan air. Masing-masing bahan harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.
2. Abu sekam dan serbuk marmer yang digunakan adalah lolos ayakan no 200 dan mengandung kadar silika ( $\text{SiO}_2$ ) minimal 70%.
3. Pasir dan kerikil dalam keadaan jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*) bersama dengan semen Portland, abu sekam dan serbuk marmer ditimbang sesuai dengan komposisi campuran dan kapasitas *concrete mixer*.
4. Menyiapkan cetakan beton berbentuk berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm, mengolesi cetakan dengan oli.
5. Bahan-bahan yang telah tertimbang dimasukkan ke dalam *concrete mixer* (sebelumnya *concrete mixer* dibasahi dengan air agar air yang digunakan untuk campuran tidak terserap oleh *concrete mixer*). Kemudian air dimasukkan sedikit demi sedikit.
6. Dilakukan pengadukan hingga diperoleh adukan yang homogeny dan tercampur rata. Matikan *concrete mixer*.
7. Adukan segar beton diambil untuk uji slump dengan menggunakan kerucut Abrams, hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kecelakaan adukan beton. Dilakukan pengisian sepertiga tinggi kerucut dengan rojokan 25 kali terlebih

dahulu, kemudian dua per tiga dan terakhir pengisian penuh dengan rojokan 25 kali pula. Setelah selesai, kerucut diangkat dan diukur tinggi nilai slump yang diperoleh.

8. Penuangan adukan beton dalam cetakan dilakukan 3 kali yaitu sepertiga, dua per tiga, dan penuh volume cetakan serta memadatkan dengan rojokan.
9. Setelah 24 jam berada dalam cetakan, benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diberi tanda.
10. Melakukan perawatan beton basah (*wet curing*), dengan cara merendam beton dalam bak peredam.
11. Sehari sebelum pengujian kuat tekan, benda uji dikeluarkan dari bak peredam.
12. Dilakukan pengujian isi dalam benda uji beton dengan menggunakan alat ultrasonik, hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kerapatan/kepadatan dalam suatu beton.
13. Dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin kuat tekan digital. Pengujian dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari.

### 3.2.4 Pengujian Benda Uji

#### 1. Pengujian Kuat Tekan

Sebelumnya dilakukan pengukuran tiap benda uji, baik itu tinggi, lebar dan berat benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin kuat tekan digital dengan kapasitas beban maksimum 1000 kN. Beton diuji tekan dengan kecepatan peningkatan beban sebesar 2-4 kg/cm per detik. Hasil dari pengujian adalah beban tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton.

Kuat tekan beton dihitung dengan rumus:

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

$\sigma$  : kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P : beban tekan (kg)

A : luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

### 3.2.5 Analisa dan Pembahasan

Data yang diperoleh dalam pengujian, kemudian dilakukan analisa secara statistik dan pembahasan sesuai hasil pengujian kuat tekan. Analisa dan pembahasan juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh/perbedaan antar variabel, sehingga dapat mengetahui hubungan antara komposisi campuran beton terhadap kuat tekan beton.

### 3.2.6 Kesimpulan

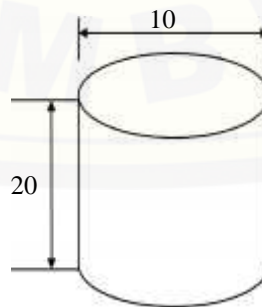
Kesimpulan diambil dari hasil analisis dan pembahasan terhadap data yang diperoleh dari laboratorium, sehingga dapat mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi dan limbah serbuk marmer terhadap kuat tekan sesuai dengan tujuan penelitian.

## 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Rencana Penelitian akan dilaksanakan pada bulan 23 Mei – 7 Juli 2015. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Kontruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

## 3.4 Perencanaan Volume Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan bekisting atau cetakan silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.



Gambar 3.2 Bekisting Penelitian