

TUGAS AKHIR

**PENGARUH ABU SEKAM PADI DAN CANGKANG
KERANG DARAH (*ANADARA GRANOSA*) SEBAGAI CAMPURAN
SEMEN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON**



MIRZA IMANI PUTRI TUTUPOHO

NPM : 20.11.0032

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA

SURABAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknik (S. T.)

Di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh :

Mirza Imani Putri Tutupoho

NPM : 20.11.0032

Tanggal Ujian : 27 Desember 2023

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M. T.

NIK : 93190 – ET

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Johan Paing Heru Waskito, S. T., M. T.

NIP : 196903102005011002

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M. T.

NIK : 93190 - ET

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Pengaruh Abu Sekam Padi dan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)
Sebagai Campuran Semen Terhadap Karakteristik Beton

Nama : Mirza Imani Putri Tutupoho

NPM : 20.11.0032

Tanggal :

Disetujui Oleh,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr. Ir. H. Soerjandani Priantoro M. M. T.

NIK. 94245-ET

Akbar Bayu Kresno Suharso, S.T., M.T.

NIK. 21849-ET

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M. T.

NIK : 93190 – ET

**PENGARUH ABU SEKAM PADI DAN CANGKANG KERANG DARAH
(ANADARA GRANOSA) SEBAGAI CAMPURAN SEMEN TERHADAP
KARAKTERISTIK BETON**

Nama Mahasiswa : Mirza Imani Putri Tutupoho
NPM : 20110032
Program Studi : Teknik Sipil FT-UWKS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T

ABSTRAK

Produksi semen menyumbang sekitar 8% emisi karbon di dunia disebabkan sangat banyak pembangunan konstruksi menggunakan campuran semen. Upaya mengurangi penggunaan semen untuk produksi beton, yaitu semen dicampur dengan bahan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah yang bersifat ramah lingkungan. Abu sekam padi dan cangkang kerang darah yang digunakan merupakan limbah yang tidak dimanfaatkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan beton menggunakan semen dengan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah. Material yang digunakan untuk campuran semen pada penelitian ini yaitu abu sekam padi dengan variasi 0%, 4%, 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, 10% dari berat total semen. Mutu beton direncanakan dengan FAS 0,5. Benda uji menggunakan silinder 15 cm x 30 cm sebanyak 60 benda uji dan terdiri 45 benda uji untuk pengujian kuat tekan dan 15 benda uji untuk kuat tarik belah. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 28 hari, dan uji kuat tarik belah pada umur 28 hari. Berdasarkan penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton menggunakan abu sekam padi dan cangkang kerang sebagai campuran semen mampu menaikkan nilai kuat tekan. Beton yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi yaitu dengan campuran abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 10% (AS6CK10) sebesar 29,46 MPa lebih besar 2,34% dari beton tanpa abu sekam dan cangkang kerang. Nilai kuat tarik belah tertinggi pada beton menggunakan campuran abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 10% (AS6CK10) sebesar 2,38%, tetapi lebih rendah 0,1% dibanding beton tanpa campuran abu sekam padi dan cangkang kerang. Hal ini menunjukkan bahwa abu sekam padi dan cangkang kerang (*Anadara Granosa*) sebagai campuran sebagian semen dalam pembuatan beton mampu menghasilkan kuat tekan di atas 25 MPa.

Kata Kunci : Beton, Abu Sekam Padi, Cangkang Kerang, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

***EFFECT OF RICE HUSK ASH AND CLAMSHELL (ANADARA GRANOSA) AS
CEMENT ADMIXTURE ON CONCRETE CHARACTERISTICS***

Student Name : Mirza Imani Putri Tutupoho
Student Registry Number : 20110032
Major : Civil Engineering FT-UWKS
Supervisor : Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M. T

ABSTRACT

Cement production accounts for about 8% of the world's carbon emissions due to the large amount of construction using cement mixtures. In an effort to reduce the use of cement for concrete production, cement is mixed with a mixture of rice husk ash and blood clam shells which are environmentally friendly. Rice husk ash and blood clam shells used are waste that is not utilized. This study was conducted to determine the strength of concrete using cement with a mixture of rice husk ash and blood clam shells. The materials used for the cement mixture in this study were rice husk ash with variations of 0%, 4%, 6% and clam shells 0%, 8%, 10% of the total weight of cement. The concrete quality was planned with FAS 0.5. The test specimens used 15 cm x 30 cm cylinders as many as 60 specimens and consisted of 45 specimens for compressive strength testing and 15 specimens for split tensile strength. The compressive strength test was carried out at the age of 7, 14, 28 days, and the split tensile strength test at the age of 28 days. Based on the research and discussion, it can be concluded that the compressive strength of concrete using rice husk ash and clam shells as a cement mixture can increase the compressive strength value. The concrete that produced the highest compressive strength value was with a mixture of 6% rice husk ash and 10% clam shells (AS6CK10) at 29.46 MPa, 2,34% greater than concrete without husk ash and clam shells. The highest split tensile strength value in concrete using 6% rice husk ash and 10% clam shell (AS6CK10) was 2.38%, but is is lower 0.1% than concrete without rice husk ash and clam shell. This shows that rice husk ash and mussel shells (*Anadara Granosa*) as a partial cement admixture in concrete manufacture can produce compressive strengths above 25 MPa.

Keywords: Concrete, Rice Husk Ash, Clam Shell, Compressive Strength, Split Tensile Strength.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat Rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir berjudul **“Pengaruh Abu Sekam Padi dan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Campuran Semen Terhadap Karakteristik Beton”**.

Segala hambatan dan rintangan yang penulis alami dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini menjadi sebuah pengalaman dan pelajaran untuk kedepannya. Dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan. Oleh karena itu, penulis dalam kesempatan ini dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga karunia Tuhan Yang Maha Esa dilimpahkan dan diberikan kepada :

1. Bapak Johan Paing Heru Waskito, S. T., M. T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
2. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M. T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan juga sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Andaryati, S. T., M. T., selaku dosen wali.
4. Seluruh Dosen serta Karyawan Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
5. PT. Varia Usaha Beton yang telah berkenan menyediakan fasilitas yang diperlukan untuk fabrikasi dan pengujian sampel.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Untuk itu penulis memohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan kedepannya. Penulis juga berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya kalangan Teknik Sipil.

Surabaya, 19 Januari 2024

Mirza Imani Putri Tutupoho

NPM. 20110032

DAFTAR ISI

| | |
|------------------------------------------------------------|------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN REVISI | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 4 |
| 1.6 Lokasi Penelitian..... | 5 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Beton..... | 6 |
| 2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton | 6 |
| 2.1.2 Klasifikasi Beton..... | 7 |
| 2.2 Sifat - Sifat Beton | 7 |
| 2.2.1 Ketahanan (<i>Durability</i>) | 7 |
| 2.2.2 Kemudahan (<i>Workability</i>) | 8 |
| 2.3 Karakteristik Beton | 8 |
| 2.3.1 Kuat Tekan | 8 |
| 2.3.2 Kuat Tarik Belah | 9 |
| 2.4 Material Penyusun Beton..... | 10 |
| 2.4.1 Agregat..... | 10 |
| 2.4.2 Semen..... | 12 |
| 2.4.3 Air | 13 |
| 2.5 Abu Sekam Padi..... | 14 |
| 2.6 Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) | 14 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu | 15 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8 Kerangka Berpikir Penelitian..... | 16 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN..... | 18 |
| 3.1 Diagram Alir | 18 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 20 |
| 3.3 Pelaksanaan Penelitian..... | 20 |
| 3.4 Persiapan Material | 21 |
| 3.4.1 Bahan | 21 |
| 3.4.2 Alat..... | 24 |
| 3.5 Pengujian Semen..... | 29 |
| 3.5.1 Uji Konsistensi Normal Semen..... | 29 |
| 3.5.2 Uji Waktu Mengikat dan Mengeras | 30 |
| 3.5.3 Uji Berat Jenis Semen | 31 |
| 3.5.4 Uji Berat Volume Semen..... | 31 |
| 3.6 Pengujian Agregat Halus | 32 |
| 3.6.1 Uji Berat Jenis Agregat Halus | 32 |
| 3.6.2 Uji Berat Volume Agregat Halus..... | 32 |
| 3.6.3 Uji Resapan Agregat Halus | 33 |
| 3.6.4 Uji Kadar Air Agregat Halus..... | 33 |
| 3.6.5 Uji Kebersihan Terhadap Kadar Lumpur Agregat Halus | 34 |
| 3.6.6 Uji Kadar Organik Agregat Halus..... | 34 |
| 3.6.7 Uji Analisa Ayakan Agregat Halus..... | 34 |
| 3.7 Pengujian Agregat Kasar | 35 |
| 3.7.1 Uji Berat Jenis Agregat Kasar..... | 35 |
| 3.7.2 Uji Berat Volume Agregat Kasar..... | 35 |
| 3.7.3 Uji Analisa Ayakan Agregat Kasar..... | 36 |
| 3.7.4 Uji Kadar Air Agregat Kasar..... | 36 |
| 3.7.5 Uji Resapan Agregat Kasar | 37 |
| 3.7.6 Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar | 37 |
| 3.7.7 Uji Keausan Agregat Kasar..... | 37 |
| 3.8 Pengujian Abu Sekam Padi..... | 38 |
| 3.9 Pengujian Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>)..... | 38 |
| 3.10 Rancangan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) | 38 |
| 3.11 Pembuatan Benda Uji Beton..... | 47 |
| 3.12 <i>Slump Test</i> | 48 |
| 3.13 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>) | 49 |

| | |
|--------------------------------------------|-----------|
| 3.14 Uji Kuat Tekan Beton | 49 |
| 3.15 Uji Kuat Tarik Belah Beton | 49 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 51 |
| 4.1 Hasil Uji Material | 51 |
| 4.2 Hasil <i>Mix Design</i> | 61 |
| 4.3 Hasil Uji Slump | 62 |
| 4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton | 63 |
| 4.5 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton | 68 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 70 |
| 5.1 Kesimpulan | 70 |
| 5.2 Saran | 70 |
| LAMPIRAN | 73 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Limbah Sekam Padi..... | 1 |
| Gambar 1.2 Limbah Cangkang Kerang Darah | 2 |
| Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Limbah Sekam Padi | 5 |
| Gambar 1.4 Lokasi Pengambilan Cangkang Kerang..... | 5 |
| Gambar 2.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton | 9 |
| Gambar 2.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton | 9 |
| Gambar 2.3 Abu Sekam Padi | 14 |
| Gambar 2.4 Cangkang Kerang Darah..... | 15 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 18 |
| Gambar 3.2 Lokasi Pengujian Material | 21 |
| Gambar 3.3 Lokasi Pembuatan dan Pengujian Benda Uji..... | 21 |
| Gambar 3.4 Semen | 21 |
| Gambar 3.5 Pasir | 22 |
| Gambar 3.6 Batu Pecah | 22 |
| Gambar 3.7 Air | 23 |
| Gambar 3.8 Minyak Tanah | 23 |
| Gambar 3.9 Cangkang Kerang | 24 |
| Gambar 3.10 Abu Sekam Padi | 24 |
| Gambar 3.11 Timbangan Analitis | 24 |
| Gambar 3.12 Stopwatch | 25 |
| Gambar 3.13 Alat Vikat..... | 25 |
| Gambar 3.14 Pengaduk | 25 |
| Gambar 3.15 Gelas Ukur | 26 |
| Gambar 3.16 Labu Takar | 26 |
| Gambar 3.17 Oven..... | 26 |
| Gambar 3.18 Ayakan Agregat Halus | 27 |
| Gambar 3.19 Ayakan Agregat Kasar | 27 |
| Gambar 3.20 Alat Perojok..... | 27 |
| Gambar 3.21 Mesin Abrasi Los Angeles | 28 |
| Gambar 3.22 Alat Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah..... | 28 |
| Gambar 3.23 Silinder..... | 28 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.24 <i>Concrete Mixer</i> | 29 |
| Gambar 3.25 Bak Perendam | 29 |
| Gambar 3.26 Grafik Gradasi Ayakan Campuran | 40 |
| Gambar 3.27 Gradasi Ayakan Pasir | 42 |
| Gambar 3.28 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm | 43 |
| Gambar 3.29 Berat Jenis Beton | 43 |
| Gambar 4.1 Konsistensi Normal Semen | 53 |
| Gambar 4.2 Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 8% | 54 |
| Gambar 4.3 Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 10% | 55 |
| Gambar 4.4 Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 8% | 55 |
| Gambar 4.5 Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 10% | 56 |
| Gambar 4.6 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen | 56 |
| Gambar 4.7 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 8% | 57 |
| Gambar 4.8 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 10% | 57 |
| Gambar 4.9 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 8% | 58 |
| Gambar 4.10 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 10% | 58 |
| Gambar 4.11 Gradasi Ayakan Pasir | 59 |
| Gambar 4.12 Hasil Uji Kebersihan Pasir Terhadap Kadar Organik | 60 |
| Gambar 4.13 Hasil Uji Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah | 60 |
| Gambar 4.14 Hasil Uji Gradasi Saringan Batu Pecah | 61 |
| Gambar 4.15 Tipe Keruntuhan Beton Saat Uji Slump | 63 |
| Gambar 4.16 Uji Slump | 63 |
| Gambar 4.17 Hasil Uji Kuat Tekan | 64 |
| Gambar 4.18 Tipe Retakan Silinder Beton | 65 |
| Gambar 4.19 Retakan Silinder Beton Tipe 5 | 66 |
| Gambar 4.20 Retakan Silinder Beton Tipe 1 | 67 |
| Gambar 4.21 Retakan Silinder Beton Tipe 3 | 67 |
| Gambar 4.22 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Umur 28 Hari | 69 |

DAFTAR TABEL

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus..... | 11 |
| Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Kimia Semen, Abu Sekam Padi dan Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>)..... | 15 |
| Tabel 3.1 Kebutuhan Material Pada Setiap Benda Uji Konsistensi Normal | 30 |
| Tabel 3.2 Rancangan Campuran (<i>Mix Design</i>)..... | 39 |
| Tabel 3.3 Analisa Ayakan Campuran..... | 40 |
| Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air Bebas | 41 |
| Tabel 3.5 Jumlah Semen Minimum dan Nilai Faktor Air Semen Maksimum | 41 |
| Tabel 3.6 Analisa Gradasi Pasir..... | 42 |
| Tabel 3.7 Kebutuhan Material Campuran 1m ³ | 44 |
| Tabel 3.8 Kebutuhan Material Kondisi Asli Untuk Campuran Beton 1m ³ | 45 |
| Tabel 3.9 Kebutuhan Material Untuk Satu Kali Pengadukan (12 benda uji) | 46 |
| Tabel 3.10 Kode Benda Uji | 47 |
| Tabel 3.11 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton | 47 |
| Tabel 4.1 Hasil Uji Material | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil <i>Mix Design</i> | 61 |
| Tabel 4.3 Hasil Rasio Material | 62 |
| Tabel 4.4 Hasil Uji Slump | 62 |
| Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan | 64 |
| Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Rata-Rata | 68 |
| Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton | 68 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Program Lingkungan Perserikatan Bangsa – Bangsa pada 2021 sektor konstruksi telah mendorong emisi karbon ke level yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena pembangunan konstruksi besar – besaran. Di samping itu, sebuah lembaga penelitian Chatmam House mengatakan bahwa produksi semen menyumbang sekitar 8% emisi karbon di dunia. Berdasarkan permasalahan tersebut menjadi faktor untuk menggunakan bahan pengganti semen atau mencampurkan semen dengan bahan tambah pengganti pada pembuatan beton.

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain – lain. Beton adalah suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara agregat kasar, agregat halus, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Beton merupakan komposit, maka daktilitas beton sangat tergantung dari kualitas masing – masing pembentuk. Pada Gambar 1.1 adalah limbah sekam padi dan Gambar 1.2 adalah cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*).



Gambar 1.1 Limbah Sekam Padi

Limbah sekam padi merupakan hasil dari penggilingan kulit padi yang tidak dimanfaatkan dan menumpuk dengan volume yang besar. Limbah sekam padi yang digunakan pada penelitian ini terdapat di Penggilingan Padi H. Sulton, di Desa Cemeng Bakalan, Kabupaten. Sidoarjo.

Pada proses penggilingan padi, sekam atau kulit padi akan terpisah dari butiran beras dan akan menjadi limbah hasil dari penggilingan. Proses menghasilkan abu sekam padi dengan pembakaran pertama dengan suhu 300°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi. Arang sekam padi kemudian didinginkan selama 24 jam, setelah itu dibakar pada suhu 300°C selama 2 sampai 3 jam. Setelah menjadi abu sekam, kemudian ditumbuk hingga halus. Pemilihan abu sekam padi sebagai bahan untuk campuran produksi beton, karena di sekitar wilayah Kota Sidoarjo banyak terdapat limbah sekam padi hasil dari penggilingan padi. Produksi padi yang dihasilkan di Sidoarjo sebesar 198 ton per tahun (Dinas Pangan dan Pertanian Kab. Sidoarjo, 2023) dan tidak dimanfaatkan oleh masyarakat. Senyawa kimia dari abu sekam terdiri dari 1,73% Kapur (CaO) , 94,89% Silika (SiO₂), 0,41% Alumina (Al₂O₃) dan 0,46% Besi (Fe₂O₃) (Ilmiah, Rihnatul, 2017) yang sama dengan kandungan kimia pada semen yaitu 19,23% (SiO₂), 64,60% (CaO), 3,37% (Fe₂O₃) dan 5,40% (Al₂O₃) (SIG, 2023).

Material tambahan yang digunakan pada penelitian ini selain abu sekam padi yaitu limbah cangkang kerang darah. Kerang darah dengan nama ilmiah *Anadara Granosa* merupakan salah satu jenis kerang yang banyak terdapat di perairan Indonesia. Limbah cangkang kerang ini berasal dari cangkang kerang hasil tangkapan nelayan yang hanya dimanfaatkan dagingnya saja. Jika limbah ini tidak dimanfaatkan dapat mengganggu keindahan dan kesehatan bagi lingkungan sekitar.



Gambar 1.2 Limbah Cangkang Kerang Darah

Limbah cangkang kerang darah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo pada Gambar 1.2. Berdasarkan informasi dari pengepul kerang setempat limbah cangkang kerang yang dihasilkan sebanyak 1 kwintal per minggu.

Limbah cangkang kerang tersebut hanya dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan aksesoris yang digantung di dinding. Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) mengandung senyawa kimia yaitu 97,7% Kalsium (Ca), 7,88% Silika (SiO_2) dan 0,766% Besi (Fe) (Hariyanto, et. al., 2020). Senyawa kimia yang terkandung pada abu sekam dan cangkang kerang menyerupai senyawa kimia pada semen yaitu, 64,60% CaO dan 19,23% SiO_2 adalah bahan utama pembuatan semen selain Fe_2O_3 dan Al.

Penggunaan abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) pada campuran semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti mengurangi biaya bahan semen, mengurangi dampak lingkungan akibat limbah tersebut, meningkatkan ketahanan dan kekuatan dan mengurangi emisi CO_2 . Diharapkan penelitian ini dapat menjadi alternatif bahan untuk campuran dalam pembuatan beton dengan menggunakan abu sekam padi dan limbah cangkang kerang yang ramah lingkungan.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, peneliti memanfaatkan limbah sekam padi dan limbah cangkang kerang sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan beton dengan variasi 0%, 5%, 10%, 20% dari jumlah berat semen dengan perbandingan abu sekam dan cangkang kerang 30:70 (Sarah, Siti Mai, 2016). Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi abu sekam padi dan serbuk cangkang kerang akan semakin memperkecil kuat tekan. Dalam penelitian yang dilakukan yaitu memanfaatkan limbah sekam padi dan limbah cangkang kerang sebagai campuran semen terhadap karakteristik beton, menggunakan prosentase abu sekam lebih kecil, dan cangkang kerang tidak menggunakan perbandingan. Variasi abu sekam padi digunakan 0%, 4%, 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, 10% dengan menggunakan metode DoE. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberi informasi yang bermanfaat tentang karakteristik beton menggunakan abu sekam padi dan cangkang kerang darah yang dicampur bersama semen, dan dapat menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh abu sekam padi 0%, 4%, 6% dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) 0%, 8%, 10% sebagai campuran semen terhadap karakteristik beton?

2. Berapa nilai kuat tekan yang dihasilkan jika menggunakan abu sekam padi 0%, 4% dan 6% dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) 0%, 8% dan 10% sebagai campuran semen pada 7, 14 dan 28 hari?
3. Berapa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan jika menggunakan abu sekam padi 0%, 4% dan 6% dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) 0%, 8% dan 10% sebagai campuran semen pada 28 hari?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk memanfaatkan limbah sekam padi dan limbah cangkang kerang yang tidak dimanfaatkan sebagai campuran semen.
2. Untuk membedakan penelitian sebelumnya dengan menggunakan variasi yang berbeda.
3. Untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi dan cangkang kerang terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Menciptakan inovasi pemanfaatan abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai campuran semen pada pembuatan beton.
2. Memanfaatkan limbah sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai campuran semen untuk produksi beton.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sekam padi diambil di Penggilingan Padi H. Sulton, di Desa Cemeng Bakalan, Sidoarjo.
2. Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) diambil dari Desa Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo.
3. Semen menggunakan produksi PT. Semen Gresik tipe 1.
4. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Lumajang dan batu pecah yang digunakan adalah batu pecah dari Pasuruan.
5. *Mix design* menggunakan metode DoE.
6. Kuat tekan diuji umur 7, 14, 28 hari dan kuat tarik belah pada umur 28 hari.

7. Uji material dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan pembuatan beton di PT. Varia Usaha Beton.
8. Penelitian ini tidak menghitung analisa biaya.

1.6 Lokasi Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penelitian dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan pembuatan beton dilakukan di PT. Varia Usaha Beton. Lokasi pengambilan limbah sekam padi di Desa Cemeng Bakalan, Sidoarjo, dapat dilihat pada Gambar 1.3 dan limbah pengambilan cangkang kerang di Desa Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Limbah Sekam Padi



Gambar 1.4 Lokasi Pengambilan Cangkang Kerang

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Menurut SNI 03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan mencapai kekuatan rencana f_c' pada usia maksimal 28 hari.

Campuran beton jika dituang dalam cetakan dan dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi disebabkan adanya peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, dan hal ini terjadi selama waktu yang panjang dan mengakibatkan campuran selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut :

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat,
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
4. *Workability* atau pengerjaan mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan.

Meskipun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan sebagai berikut :

1. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan kotoran yang membawa kandungan garam yang dapat merusak beton.
2. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah jika sudah mengeras.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.1.2 Klasifikasi Beton

Jika ingin membuat beton dengan mutu baik harus memenuhi persyaratan yang ditentukan. Klasifikasi beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat volume beton, material pembentuknya dan kegunaan dari struktur. Klasifikasi beton dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Beton berat

Beton berat merupakan beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari jenis beton normal atau lebih 2500 kg/m^3 . Beton ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan benturan, menahan radiasi.

b. Beton normal

Beton normal merupakan beton yang memiliki berat isi 2200 sampai 2500 kg/m^3 . Beton dengan klasifikasi normal biasanya digunakan untuk pasangan dinding dikarenakan mampu mengurangi beban mati dan sifat penghantar panas pada struktur beton.

c. Beton ringan

Menurut SNI 03-3449-2002 beton ringan merupakan yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan. Beton ini memiliki berat isi 1000 sampai 2000 kg/m^3

2.2 Sifat - Sifat Beton

2.2.1 Ketahanan (*Durability*)

Kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Sifat ketahanan beton dapat dibedakan dalam beberapa hal antara lain sebagai berikut:

a. Tahan terhadap pengaruh cuaca

Ketahanan terhadap pengaruh cuaca adalah penting, beton harus tahan terhadap kerusakan-kerusakan yang mungkin akan timbul karena pengembangan dan penyusutan akibat perbedaan temperatur. Untuk mencegah pengaruh kerusakan akibat pengaruh cuaca, maka perlu diperhatikan bahwa beton harus dibuat kedap air dan mempunyai perubahan perbedaan volume kecil, dengan menggunakan 7embali-langkah sebagai berikut:

- Pemilihan agregat yang tepat dan baik
- Perawatan yang sempurna (*curing*)

- Homoginitas campuran beton harus dijaga
- Penggunaan faktor air semen yang rendah
- Penggunaan air seminimal mungkin

b. Tahan terhadap zat kimia

Ketahanan terhadap pengaruh bahan kimia yang meliputi bahan kimia dan lingkungan perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.

c. Tahan terhadap erosi.

2.2.2 Kemudahan (*Workability*)

Ukuran tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan serta tidak terjadi pemisahan. Sifat ini dipengaruhi oleh perbandingan bahan-bahan dan sifat dari bahan pembentuk beton secara bersama. Menurut Newman dapat didefinisikan dengan 3 sifat :

- Kompaktibilitas : kemudahan beton dipadatkan dan udara dikeluarkan
- Mobilitas : kemudahan beton mengisi acuan dan membungkus tulangan
- Stabilitas : kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan dipadatkan/digetarkan tanpa terjadi segregasi

Unsur-unsur yang mempengaruhi *workability* sebagai berikut:

- Jumlah air yang dipakai dalam campuran beton
- Penambahan semen juga meningkatkan kemudahan pengerjaan, karena pasti diikuti dengan penambahan air agar nilai faktor air semen tetap
- Gradasi campuran pasir dan kerikil

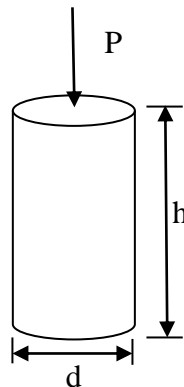
2.3 Karakteristik Beton

2.3.1 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima atau menahan gaya tekan yang besar. Nilai kuat tekan beton semakin meningkat sejalan dengan peningkatan umurnya. Beton memiliki kekuatan maksimum pada usia 28 hari. Semakin tinggi kekuatan struktur yang diinginkan, maka semakin tinggi juga mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton ini diperoleh dari pengujian dengan benda uji berbentuk silinder yang umum digunakan. Dimensi standar benda uji yaitu dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Kuat tekan masing-masing sampel ditentukan oleh tegangan tekan ($f'c$) tertinggi yang dicapai sampel berumur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-1974-1990, dengan posisi benda uji silinder dan pemberian beban seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

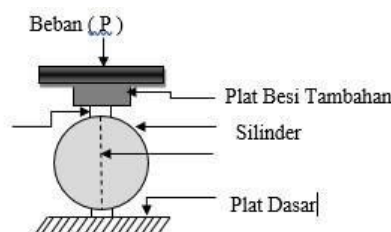
$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- $f'c$ = kuat tekan (Mpa)
- P = beban tekan (N)
- A = luas penampang benda uji (mm²)

2.3.2 Kuat Tarik Belah

Menurut SNI 03-2491-2002, kuat tarik belah benda uji beton berbentuk silinder merupakan nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi kuat geser beton.



Gambar 2.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi L D} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- f_t = kuat tarik belah beton (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- L = Panjang silinder (mm)
- d = diameter silinder beton (mm)

2.4 Material Penyusun Beton

2.4.1 Agregat

Agregat merupakan suatu bahan yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen (SNI 03-2847-2002). Agregat sebagai partikel mineral alami yang dapat digunakan untuk pengisi pada campuran beton.

Agregat menyumbang 70-75% dari total volume beton, sehingga mutu agregat akan mempengaruhi kualitas beton. Agregat menurut asalnya dibagi menjadi dua yaitu agregat alami yang diperoleh dari sungai dan agregat buatan yang diperoleh dari batu pecah. Dalam hal ini, agregat yang digunakan yaitu agregat alami berupa kerikil, pasir kasar dan pasir halus. Dalam campuran beton, agregat adalah bahan penguat (*stranger*) dan pengisi (*filler*) serta menempati 60-75% dari volume total beton.

2.4.1.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan berasal dari sungai dan gunung. Agregat halus berfungsi untuk mencegah retak dan penyusutan, serta agar adonan berpori-pori sehingga gelembung udara dalam campuran bisa keluar. Menurut SNI 03-2384-2000 gradasi agregat halus diuraikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

| Ukuran Saringan (mm) | Presentase Berat yang Lolos Saringan (%) | | | |
|-------------------------|------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Gradasi Zone I | Gradasi Zone II | Gradasi Zone III | Gradasi Zone IV |
| 9,60 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,80 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,40 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1,20 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 0,60 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0,30 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

(Sumber: SNI 03-2384-2000)

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat halus memenuhi syarat jika :

1. Agregat halus harus terdiri butiran yang tajam dan keras. Butiran agregat halus harus bersifat kekal yang artinya tidak pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat kering. Yang diartikan dengan lumpur yaitu bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik yang terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan Abrams-Harder dengan larutan NaOH. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan ini juga dapat dipakai asal kekuatan tekan adukan agregat umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci dengan larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama.
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beraneka ragam besarnya dan jika diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% sampai 95% berat

2.4.1.2 Agregat Kasar

Agregat kasar (*coarse aggregate*) atau yang biasa disebut kerikil merupakan hasil desintegrasi dari batuan alami berupa batu pecah. Agregat kasar menjadi komponen beton

yang berperan penting. Sama seperti agregat halus, agregat kasar berdasarkan asalnya dibagi menjadi dua yaitu agregat alami dan agregat buatan.

Menurut PBI 71 agregat kasar (*coarse aggregate*) memenuhi syarat jika :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang bersifat alkali
4. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang besarnya beraneka ragam dan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - Sisa di atas ayakan 31,5 mm, beratnya harus 0%
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, berkisar 90% sampai 98% berat
 - Selisih antara sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan maksimum 60% dan minimal 10% berat
 - Besar butiran agregat maksimal tidak boleh lebih dari seperlima jarak yang terkecil antara bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tigaperempat dari jarak bersih minimal di antara batang tulangan.

2.4.2 Semen

Semen merupakan bahan perekat yang memiliki sifat mengikat bahan yang padat menjadi satu kesatuan yang kuat. Semen dibedakan menjadi 2 jenis yaitu semen non hidrolik dan semen hidrolik. Fungsi utama semen adalah mengikat material seperti kerikil, pasir, batu bata satu sehingga menghasilkan beton yang kuat dan kokoh. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya 10%. Bahan baku dalam pembuatan semen terdiri atas :

1. Silika (SiO_2)
2. Kapur (CaO)
3. Alumunium (Al_2O_3)
4. Fe_2O_3

Semen Portland adalah salah satu semen yang umum digunakan. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan terak semen, terdiri dari senyawa kimia kalsium silikat yang bersifat hidrolis (SNI 15-2049-2004). Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Tipe I

Semen dengan jenis ini (*normal Portland cement*) yang digunakan untuk konstruksi beton, tidak memerlukan sifat khusus

2. Tipe II

Semen ini umum dengan perubahan (*modified portland cement*). Jenis semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah dan panasnya lebih lambat dari semen tipe I. Semen tipe ini digunakan untuk pencegahan pada serangan sulfat dari lingkungan terhadap bangunan beton.

3. Tipe III

Semen dengan waktu pengerasan yang cepat (*high early strength Portland cement*). Semen jenis ini digunakan untuk struktur bangunan yang bekistingnya harus segera dibuka dan yang akan dipakai kembali.

4. Tipe IV

Jenis semen ini dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi yang rendah. Semen ini diminimalkan pada saat pengerasan agar tidak terjadi keretakan.

5. Tipe V

Semen dengan jenis tipe ini digunakan untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kandungan asam sulfat lebih dari 0,20%.

2.4.3 Air

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton yang paling murah dan paling penting. Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan pekerjaan dalam mencampurkan bahan-bahan beton.

Pada pembuatan beton, air dan semen bereaksi dan akan menjadi pasta sebagai pengikat pada agregat. Unsur air memiliki peran penting terhadap kuat tekan beton, jika kelebihan air menyebabkan penurunan pada kuat tekan beton.

Unsur air yang digunakan dalam pembuatan beton, harus memenuhi syarat pada SNI 03-6861.1-2002 :

1. Air harus bersih, tidak terdapat kandungan lumpur, minyak maupun benda lainnya.
2. Tidak mengandung benda yang mengandung partikel padat lebih tidak larut lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak terdapat kandungan garam yang dapat larut, merusak beton seperti asam-asam dan zat organik lebih dari 15 gram/liter.

4. Kandungan Cl (Klorida) < 0,50 gram/liter serta senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃
5. Dibandingkan dengan kekuatan tekan pada adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton tidak lebih dari 10%.

2.5 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari limbah sekam padi. Secara tradisional, abu sekam ini biasanya digunakan sebagai bahan pencuci alat-alat dapur dan bahan bakar dalam pembuatan batu bata. Abu sekam padi adalah material tambahan yang bersifat pozzolan. Proses menghasilkan abu sekam padi dengan pembakaran pertama dengan suhu 300°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi. Arang sekam padi kemudian didinginkan selama 24 jam, setelah itu dibakar pada suhu 300°C selama 2 sampai 3 jam. Setelah menjadi abu sekam, kemudian ditumbuk hingga halus bisa dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Abu Sekam Padi

2.6 Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Cangkang kerang darah merupakan hasil limbah dari para pengepul kerang yang hanya memanfaatkan daging kerangnya saja. Cangkang kerang darah belum dimanfaatkan secara maksimal. Masyarakat sekitar Desa Tambak Cemandi, Sedati-Sidoarjo, hanya mengambil dagingnya saja kemudian cangkang kerangnya dibuang. Pengolahan cangkang kerang untuk penelitian ini dengan melewati proses awal dengan membersihkan cangkang kerang terlebih dahulu hingga bersih. Lalu dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Kemudian digiling dengan menggunakan mesin hingga menghasilkan tekstur seperti semen. Cangkang kerang yang sudah digiling hingga halus lolos ayakan nomor 200 kemudian dihaluskan lagi dengan cara ditumbuk, bisa dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Cangkang Kerang Darah

Cangkang kerang mengandung komposisi kimia seperti yang terkandung dalam bahan semen Portland. Kandungan senyawa kimia pada semen, abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Senyawa Kimia Semen, Abu Sekam Padi dan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

| No | Senyawa Kimia | Semen | Abu Sekam Padi | Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) |
|----|-------------------------------------------|--------|----------------|--------------------------------------------------|
| 1 | Silika (SiO ₂) | 19,23% | 94,89% | 4,3% |
| 2 | Alumina (Al ₂ O ₃) | 5,40% | 0,41% | 8,76% |
| 3 | Besi (Fe ₂ O ₃) | 3,37% | 0,46% | 0,766% |
| 4 | Kapur (CaO) | 64,60% | 1,73% | 97,7% |

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Sarah, Siti Mai (2016) berjudul *Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton*, menggunakan variasi persentase 0%, 5%, 10%, 20% dari jumlah berat semen dengan perbandingan abu sekam dan serbuk cangkang kerang 30:70. Hasil nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada persentase 10% sebesar 24,93 MPa dan kuat tekan terendah pada persentase 20% sebesar 15,89 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar abu sekam padi dan serbuk cangkang kerang akan semakin memperkecil kuat tekan yang dihasilkan dikarenakan pada campuran abu sekam padi dan

serbuk cangkang kerang tidak dapat menutupi kandungan silika dan kapur yang berkurang pada semen.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hendramawat Aski Safarizki, Marwahyudi dan Wahyu Aji Pamungkas (2021) berjudul *Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal* menggunakan persentase abu sekam padi 8%, 9%, 10%, 11% dan 12% dari berat semen. Benda uji digunakan silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm, dan dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari. Hasil dari pengujian didapatkan nilai pada variasi abu sekam padi 8% yakni 14,78 MPa, variasi 9% yakni 22,84 MPa, variasi 10% yakni 25,70% dan variasi 11% yakni 21,98 MPa, variasi 12% sebesar 19,06 MPa, dan beton normal (tanpa abu sekam) menghasilkan kuat tekan 22,39 MPa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat mengurangi jumlah kadar semen pada campuran beton untuk mencapai kuat tekan yang tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Ningsih Wahyu (2021) berjudul *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Campuran Beton* menggunakan persentase limbah kulit kerang darah 0%, 1%, 3%, 5% dan 7% terhadap berat semen. Benda uji dalam bentuk silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Hasil dari pengujian kuat tekan dengan umur beton 28 hari mengalami kenaikan berturut-turut yaitu 28,309 MPa, 29,818 MPa, 28,780 MPa, 30,290 MPa dan 32,366 MPa. Begitu juga nilai kuat tarik belah belah mengalami kenaikan berturut-turut yaitu 2,595 MPa, 2,925 MPa, 3,067 MPa dan 3,539 MPa dan mengalami penurunan pada varian 7% yaitu 3,397 MPa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dikatakan efektif karena nilainya selalu meningkat pada tiap varian.

2.8 Kerangka Berpikir Penelitian

Menurut SNI 03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan. Semen merupakan bahan perekat yang memiliki sifat mengikat bahan yang padat menjadi satu kesatuan yang kuat.

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari limbah sekam padi bersifat pozzolan dengan kandungan senyawa kimia terbesar yaitu silika (SiO_2) 96,34% yang berfungsi sebagai *filler*. Cangkang kerang darah yang digunakan pada penelitian merupakan limbah hasil dari para pengepulis yang hanya memanfaatkan kerangnya saja.

Cangkang kerang mengandung komposisi kimia terbesar yaitu kapur (CaO) sebesar 97,7% berfungsi sebagai pengikat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hendramawat Aski Safarizki, Marwahyudi dan Wahyu Aji Pamungkas (2021) diperoleh hasil bahwa abu sekam padi dapat mengurangi jumlah kadar semen pada campuran beton untuk mencapai kuat tekan yang tinggi. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ningsih Wahyu (2021) dapat disimpulkan bahwa cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) efektif karena nilainya selalu meningkat pada tiap varian.

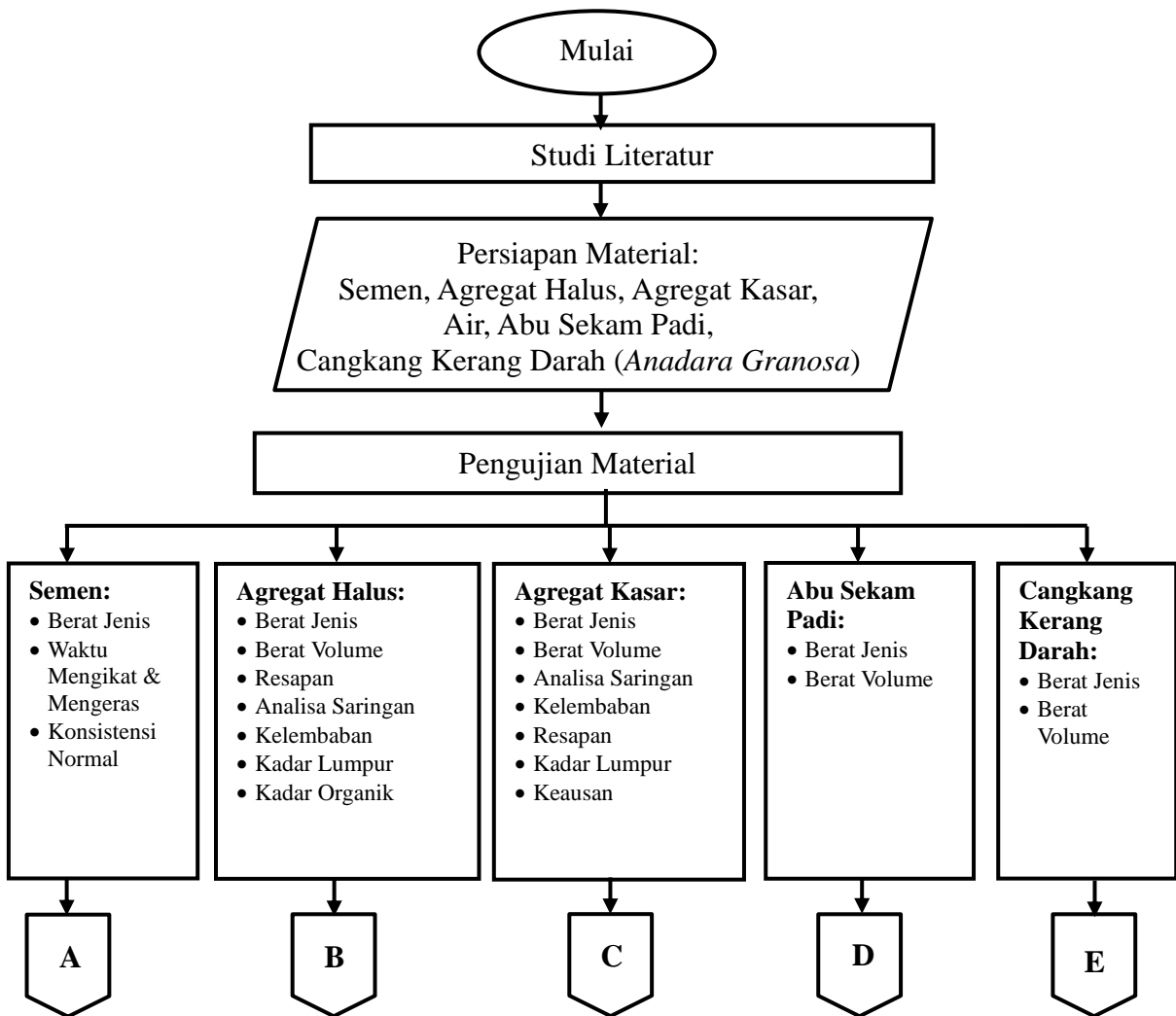
Berdasarkan uraian di atas maka kerangka berpikir melakukan penelitian yaitu menggunakan abu sekam padi dan cangkang kerang sebagai campuran sebagian semen untuk produksi beton, dengan pengujian yang dilakukan uji kuat tekan dan kuat tarik belah. Hipotesa dirumuskan bahwa beton menggunakan abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) akan mampu menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton mutu normal.

BAB 3

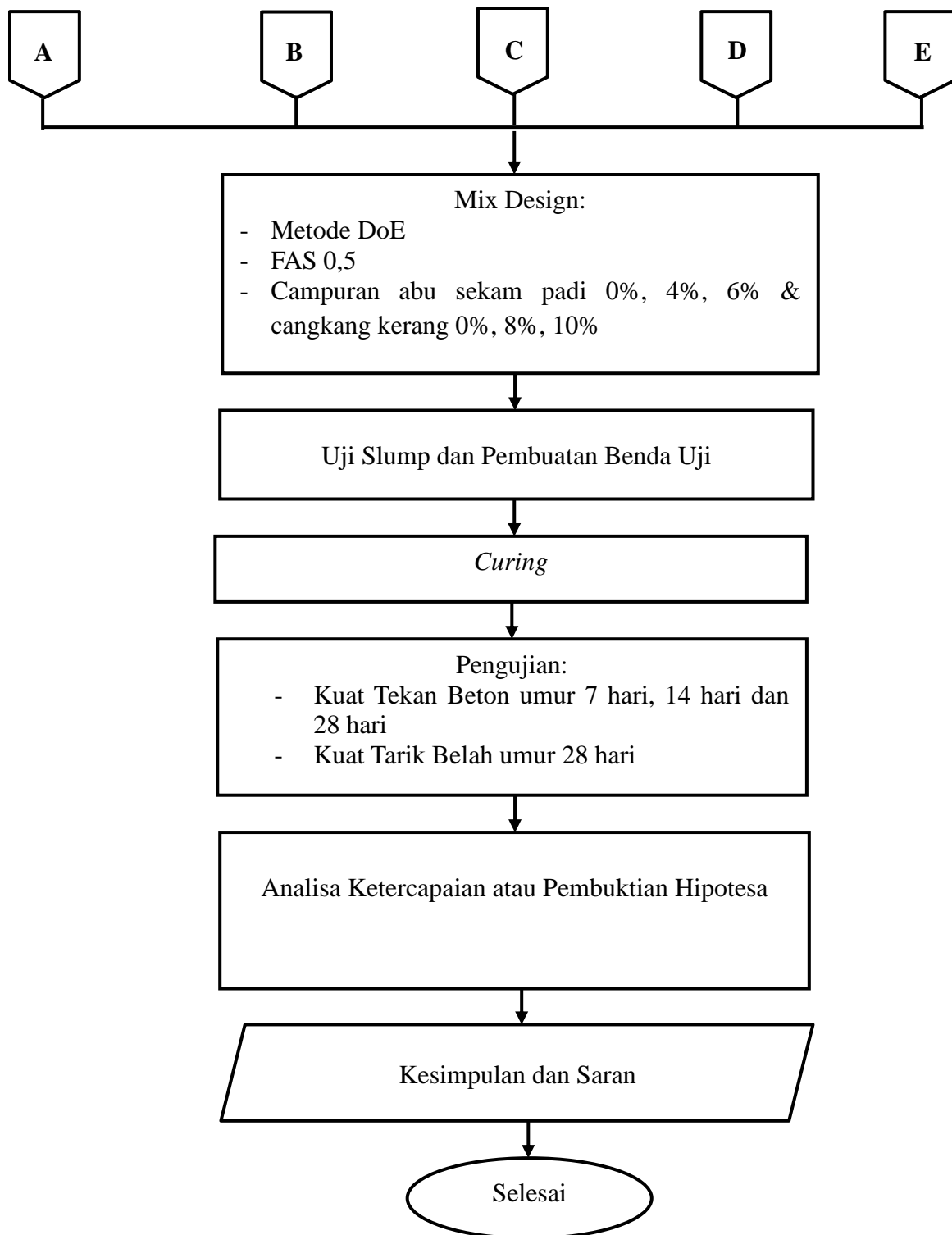
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Diagram alir merupakan bagan ilustrasi langkah-langkah, urutan dari suatu proses atau urutan kerja. Diagram alir penelitian beton ini dengan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang digunakan sebagai campuran sebagian semen yang ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

Berdasarkan diagram alir diatas secara garis besar menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Melakukan studi literatur seperti dengan membaca, mencatat dan mengolah data bahan penelitian. Pada studi literatur ini menganalisa suatu masalah atau latar belakang sehingga bisa dijadikan suatu pembahasan dan mendapatkan hipotesa.
2. Mempersiapkan material yang akan diperlukan pada saat penelitian, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air, abu sekam padi dan cangkang kerang darah.
3. Melakukan pengujian material semen, agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi dan cangkang kerang darah mengacu pada standar pengujian
4. Membuat campuran beton atau *mix design*.
5. Melakukan *slump test* pada kondisi beton segar dan pembuatan benda uji dengan benda uji silinder 15 cm x 30 cm
6. Kemudian melakukan perawatan terhadap beton (*curing*) dengan cara benda uji direndam di dalam bak berisi air hingga usia sehari sebelum pengujian.
7. Setelah proses *curing*, dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari serta pengujian kuat tarik belah pada umur 28 hari.
8. Dari hasil pengujian melakukan analisa hasil apakah sesuai dengan hipotesa dan menjawab rumusan masalah.
9. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat membuat kesimpulan dan saran.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian yaitu :

1. Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya pada variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu abu sekam padi 0%, 4%, dan 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, dan 10%.
2. Variabel terikat merupakan variabel yang akan menjadi akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu uji kuat tekan dan kuat tarik belah.
3. Variabel kontrol merupakan variabel yang terkendali atau dibuat tetap. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu beton tanpa menggunakan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya untuk pengujian material dapat lihat pada Gambar 3.2, dan PT. Varia

Usaha Beton, Gresik untuk pembuatan dan pengujian benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Lokasi Pengujian Material



Gambar 3.3 Lokasi Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

3.4 Persiapan Material

3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Semen Portland, dapat dilihat pada Gambar 3.4, semen Portland digunakan untuk pengikat material.



Gambar 3.4 Semen

2. Agregat halus, dengan menggunakan pasir berasal dari Lumajang, dapat dilihat pada Gambar 3.5. Digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton.



Gambar 3.5 Pasir

3. Agregat kasar, dengan menggunakan batu pecah berasal dari Pasuruan, dapat dilihat pada Gambar 3.6. Digunakan sebagai pengisi dalam campuran beton.



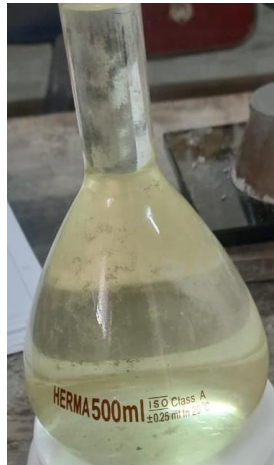
Gambar 3.6 Batu Pecah

4. Air, dapat dilihat pada Gambar 3.7. Digunakan untuk proses pencampuran seluruh material membantu proses hidrolis dengan semen.



Gambar 3.7 Air

5. Minyak tanah, dapat dilihat pada Gambar 3.8. Digunakan pada saat pengujian material berat jenis semen, berat jenis abu sekam padi, dan berat jenis cangkang kerang.



Gambar 3.8 Minyak Tanah

6. Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan abu sekam padi, dilihat pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10. Digunakan sebagai bahan campuran sebagian semen dalam campuran beton.



Gambar 3.9 Cangkang Kerang



Gambar 3.10 Abu Sekam Padi

3.4.2 Alat

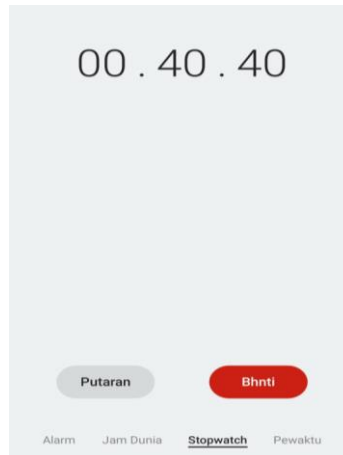
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Timbangan analitis, dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Timbangan Analitis

2. Stopwatch, dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Stopwatch

3. Satu set alat vikat, dilihat pada Gambar 3.13. Digunakan untuk pengujian semen.



Gambar 3.13 Alat Vikat

4. Tempat adukan dan pengaduk, dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Pengaduk

5. Gelas ukur 250 cc, dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Gelas Ukur

6. Gelas ukur (labu takar) 500 cc, dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Labu Takar

7. Oven dilengkapi dengan pengatur suhu, dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Oven

8. Satu set ayakan ASTM untuk agregat halus, dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Ayakan Agregat Halus

9. Satu set ayakan ASTM untuk agregat kasar, dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Ayakan Agregat Kasar

10. Alat perojok, dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Alat Perojok

11. Mesin abrasi Los Angeles, dilihat pada Gambar 3.21. Digunakan untuk pengujian keausan batu pecah.



Gambar 3.21 Mesin Abrasi Los Angeles

12. Alat uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah, dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Alat Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

13. Silinder 15 cm x 30 cm untuk mencetak benda uji, dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Silinder

14. *Concrete mixer*, dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 *Concrete Mixer*

15. Bak perendam, dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25 Bak Perendam

3.5 Pengujian Semen

3.5.1 Uji Konsistensi Normal Semen

Uji konsistensi normal ini dilakukan untuk mengetahui kadar air normal yang digunakan untuk membuat pasta semen agar tidak keras atau terlalu cair. Uji ini mengacu pada SNI 03-6826-2002. Langkah pengujian sebagai berikut:

1. Semen dicampur dengan air sebanyak 14% (70 cc) hingga membentuk pasta.
2. Pasta semen dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar sebanyak 6 kali dengan jarak 15 cm.
3. Letakkan bola pasta kedalam konikel dan permukaannya diratakan.
4. Letakkan jarum vikat diameter besar di permukaan pasta semen.

5. Lepaskan jarum vikat dan catat penurunan pada detik ke 30 setelah jarum dilepaskan.
6. Bila penurunan jarum belum diperoleh 10 mm, maka pengujian diulang dengan kadar air dikurangi atau ditambah dari 70 cc, sehingga diperoleh penurunan jarum mencapai 10 mm.
7. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan konsistensi normal:

$$\text{Konsistensi Normal} = \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Kebutuhan material yang digunakan pada uji konsistensi normal semen diuraikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kebutuhan Material Pada Setiap Benda Uji Konsistensi Normal

| Benda Uji | Semen (gr) | AS (gr) | CK (gr) |
|------------------|-------------------|----------------|----------------|
| AS0CK0 | 250 | - | - |
| AS4CK8 | 220 | 10 | 20 |
| AS4CK10 | 215 | 10 | 25 |
| AS6CK8 | 215 | 15 | 20 |
| AS6CK10 | 210 | 15 | 25 |

3.5.2 Uji Waktu Mengikat dan Mengeras

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu mengikat awal dan mengerasnya pasta semen. Uji ini mengacu pada SNI 03-6827-2002. Langkah pengujian sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Campur semen dengan air 70 cc, aduk rata selama 3 menit hingga menjadi pasta dan catat waktu mulai dari bereaksi dengan air.
3. Kemudian pasta semen yang sudah rata dibentuk menjadi bola dengan cara dilempar dari tangan kanan ke tangan kiri atau sebaliknya sebanyak 6 kali.
4. Kemudian masukkan pasta yang berbentuk bola ke dalam konikel dan permukaannya diratakan dengan ditekan.
5. Letakkan jarum kecil di permukaan pasta.
6. Setelah 45 menit lepaskan jarum *vicat* dan ukur penurunannya.
7. Setelah 15 menit dari penjatuhan pertama, jarum *vicat* ditarik Kembali dan dijatuhkan pada permukaan baru yang belum tertusuk jarum *vicat*. Demikian seterusnya dilakukan dalam waktu interval 15 menit hingga jarum tidak dapat masuk ke dalam pasta semen. Jarak antara penusukan jarum adalah 3 mm dari penusukan sebelumnya.

8. Waktu mengikat semen diperoleh jika penurunan jarum *vicat* mencapai 25 mm dan waktu mengeras diperoleh penurunan jarum 0 mm.

3.5.3 Uji Berat Jenis Semen

Uji berat jenis semen mengacu pada ASTM C188-2002. Uji ini digunakan untuk menghitung berat jenis semen. Berikut langkah pengujian dari uji berat jenis semen:

1. Timbang labu takar yang sudah dibersihkan.
2. Isi labu takar dengan minyak tanah hingga batas labu takar, lalu timbang beratnya (C).
3. Timbang semen sebanyak 250 gram (A).
4. Kemudian masukkan semen ke dalam labu takar dengan menggunakan corong dan timbang beratnya (dicek). Lalu diisi dengan minyak tanah dan labu takar diputar-putar agar gelembung udara keluar. Tambahkan minyak tanah hingga batas labu takar, lalu timbang beratnya (B).
5. Ulangi sebanyak 3 kali percobaan.
6. Berat jenis dihitung dengan rumusan :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8 \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana,

A = berat semen Portland

B = berat labu + semen + minyak tanah

C = berat labu + minyak tanah

0,8 = berat jenis minyak tanah

3.5.4 Uji Berat Volume Semen

Uji berat volume semen digunakan untuk menentukan berat volume semen dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1973-2008, pengujian sebagai berikut:

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering (A).
 - Silinder diisi semen sampai batas kapasitas dan permukaannya diratakan, kemudian timbang beratnya (B).
2. Dengan Rojokan
 - Timbang silinder (A).

- Silinder diisi semen 1/3 bagian, rojok 25 kali. Kemudian tambah 1/3 lagi rojok 25 kali sampai silinder penuh.

- Kemudian ratakan permukaan semen dan timbang beratnya (B).

3. Berat volume semen diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat Volume} = \frac{(B-A)}{V} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana,

B = berat silinder + semen

A = berat silinder

V = volume silinder

3.6 Pengujian Agregat Halus

3.6.1 Uji Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*). Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990. Berikut adalah prosedur pengujian:

1. Timbang labu takar 500 cc.
2. Timbang agregat halus dalam keadaan SSD sebanyak 250 gram (A).
3. Masukkan agregat halus ke dalam labu takar hingga batas kapasitas kemudian timbang beratnya. Lalu, diisi air sampai penuh dan labu takar dipegang miring, diputar-putar hingga gelembung udara keluar dan timbang beratnya (B).
4. Bersihkan labu takar. Isi labu takar yang kosong dengan air sampai batas kapasitas dan timbang beratnya (C).
5. Perhitungan berat jenis menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-B+C} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana,

A = berat pasir keadaan SSD

B = berat labu takar + pasir + air

C = berat labu takar + air

3.6.2 Uji Berat Volume Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan volume agregat halus dalam keadaan lepas dan keadaan padat yang digunakan dalam campuran. Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 03-1973-2008. Berikut adalah prosedur pengujian:

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering (A).
 - Kemudian silinder diisi sampai batas kapasitas dan permukaannya diratakan, lalu timbang beratnya (B).
 - Dengan 2 kali percobaan.
2. Dengan Rojokan
 - Timbang berat silinder (A).
 - Isi silinder dengan pasir 1/3 bagian dirojok 25 kali. Isi lagi 1/3 bagian rojok 25 kali, lakukan dengan cara yang sama sampai silinder penuh. Kemudian ratakan permukaan, lalu timbang beratnya (B).
3. Perhitungan berat volume menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{B-A}{V} \text{ kg/liter} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana,

- A = berat silinder
- B = berat silinder + pasir
- B-A = berat pasir
- V = volume silinder

3.6.3 Uji Resapan Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan kadar air resapan pada agregat halus. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 03-1970-1990. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang pasir dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) 500 gram.
2. Masukkan pasir tersebut ke dalam oven selama 24 jam.
3. Keluarkan pasir dari oven dan dinginkan kemudian timbang beratnya (A).
4. Perhitungan kadar air resapan menggunakan rumusan :

$$\text{Kadar Air Resapan} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

3.6.4 Uji Kadar Air Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan kadar air pada agregat halus dengan cara kering. Prosedur pengujian ini mengacu pada ASTM C 556-71. Berikut prosedur pengujiannya:

1. Timbang pasir kondisi asli 1000 gram (B).
2. Masukkan pasir tersebut ke oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
3. Kemudian keluarkan pasir dari oven, setelah dingin timbang beratnya (A).
4. Perhitungan kadar air pasir menggunakan rumusan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

3.6.5 Uji Kebersihan Terhadap Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus dengan cara basah dan kering. Mengacu pada SNI 03-1750-1990. Berikut prosedur pengujian:

1. Dengan Cara Basah
 - Isi botol dengan pasir kira-kira setinggi 6 cm.
 - Tambahkan air hingga botol hampir penuh dan tutup rapat. Kemudian botol dikocok-kocok dan diamkan selama 24 jam.
 - Endapan lumpur yang terjadi diukur tingginya (h). Pasir bersih diukur tingginya (H).

Perhitungan kadar lumpur:

$$\frac{h}{H} \times 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

3.6.6 Uji Kadar Organik Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan atau mengetahui kebersihan agregat halus terhadap bahan-bahan organik. Mengacu pada SNI 03-2816-1992. Prosedur pengujian dari uji kadar organik agregat halus:

1. Botol diisi dengan pasir sebanyak 130 cc.
2. Tambahkan larutan NaOH 3% sebanyak 200 cc, kemudian dikocok.
3. Setelah dikocok diamkan selama 24 jam.
4. Bandingkan warna dengan warna standar.

3.6.7 Uji Analisa Ayakan Agregat Halus

Pengujian dilakukan bertujuan untuk menentukan ukuran butir atau gradasi agregat halus dan menentukan modulus kehalusan agregat halus. Mengacu pada SNI 03-2438-2000. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Timbang pasir sebanyak 1000 gram dan keringkan dalam oven dengan temperatur 105°C selama 24 jam.
2. Masukkan pasir ke dalam ayakan yang telah disusun, kemudian digetar dengan mesin penggetar selama 3-5 menit.
3. Timbang pasir yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan. Kemudian periksa berat pasir keseluruhan sesuai dengan berat pasir awal yaitu 1000 gram.
4. Dari hasil ayakan tersebut, kemudian dilakukan analisa perhitungan persentase yang lolos dan yang tertinggal di saringan.
5. Hasil perhitungan dicantumkan pada grafik untuk menentukan daerah gradasi butiran dan modulus kehalusannya.

3.7 Pengujian Agregat Kasar

3.7.1 Uji Berat Jenis Agregat Kasar

Bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*). Mengacu pada ASTM C 127-88. Langkah-langkah pengujian:

1. Rendam kerikil selama 24 jam.
2. Kemudian angkat dan bersihkan permukaan kerikil sehingga didapat kondisi SSD.
3. Timbang kerikil sebanyak 3000 gram (A), lalu timbang dalam air (B).

Perhitungan berat jenis agregat kasar:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{A}{A-B} \dots \dots \dots (3.9)$$

3.7.2 Uji Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian ini digunakan untuk menentukan berat volume agregat kasar dalam keadaan lepas dan keadaan padat. Mengacu pada ASTM C 29-78. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Tanpa Rojokan
 - Timbang silinder dalam keadaan kering lalu catat beratnya (A).
 - Silinder diisi dengan agregat kasar dan permukaannya diratakan, kemudian timbang beratnya (B).
2. Dengan Rojokan
 - Timbang silinder dan catat beratnya (A).
 - Silinder diisi dengan agregat kasar 1/3 bagian dirojok 25 kali. Tambah 1/3 bagian rojok 25 kali dan seterusnya hingga silinder penuh.

- Ratakan permukaan agregat kasar dan timbang beratnya (B).

3. Perhitungan berat volume menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume} = \frac{B-A}{V} \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana,

A = berat silinder

B = berat silinder + batu pecah

V = volume silinder

B-A= berat agregat kasar

3.7.3 Uji Analisa Ayakan Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui gradasi butiran dan modulus kehalusan agregat kasar. Mengacu pada SNI 03-2438-2000. Berikut prosedur pengujian:

1. Timbang agregat kasar dengan ukuran 40 mm sebanyak 36000 gram.
2. Masukkan agregat kasar dalam ayakan dengan ukuran yang paling besar dan ditempatkan paling atas kemudian digetarkan dengan mesin penggetar selama 1 menit.
3. Timbang berat agregat yang tertahan per saringan.
4. Dilakukan analisa perhitungan persentase yang lolos dan yang tertinggal di saringan.
5. Hasil perhitungan dicantumkan pada grafik zona gradasi butiran agregat kasar untuk mengetahui zona dan modulus kehalusannya.

3.7.4 Uji Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk menentukan kadar air agregat kasar dengan cara kering. Mengacu pada ASTM C 556-71. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang agregat kasar keadaan asli sebanyak 1000 gram (A).
2. Masukkan agregat kasar ke oven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
3. Keluarkan agregat kasar dari oven, kemudian tunggu dingin dan timbang beratnya (B).
4. Perhitungan kadar air menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-A}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

3.7.5 Uji Resapan Agregat Kasar

Untuk menentukan kadar air resapan yang terdapat pada agregat kasar. Pengujian ini mengacu pada ASTM C 127-88. Berikut prosedur pengujian:

1. Timbang agregat kasar dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram.
2. Masukkan agregat kasar ke oven selama 24 jam.
3. Keluarkan agregat kasar, tunggu dingin lalu timbang beratnya (A).
4. Perhitungan resapan air menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Resapan Air} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

3.7.6 Uji Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang terdapat pada agregat kasar. Pengujian ini mengacu pada ASTM C 117-76. Prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Timbang agregat kasar kering oven sebanyak 1000 gram (B).
2. Cuci agregat kasar hingga bersih hingga air tampak bening. Tuangkan air cucian kedalam saringan berkali-kali.
3. Agregat kasar yang tertinggal di saringan dipindahkan ke panci kemudian dioven dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.
4. Keluarkan agregat kasar bersih kering oven, tunggu sampai dingin kemudian timbang beratnya (A).
5. Perhitungan kadar lumpur menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

3.7.7 Uji Keausan Agregat Kasar

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui persentase keausan agregat kasar. Mengacu pada ASTM C 131 – 89. Berikut langkah-langkah pengujian:

1. Ayak agregat kasar untuk mendapatkan gradasi yang ditentukan.
2. Timbang agregat kasar dengan gradasi tersebut, masing-masing 1250 gram. Kemudian jadikan satu agregat kasar dan timbang kembali dengan berat total 5000 gram (A).
3. Masukkan agregat kasar bersamaan dengan 12 bola baja dan jalankan mesin Los Angeles dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm dan diputar sebanyak 500 kali.
4. Keluarkan agregat kasar dari mesin Los Angeles dan ayak dengan ayakan no. 12.

5. Agregat kasar yang tertinggal di ayakan dicuci sampai bersih, kemudian oven selama 24 jam dengan suhu $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ dengan faktor kehilangan 0,2%.
6. Keluarkan agregat kasar dari oven dan dinginkan kemudian timbang beratnya (B).
7. Perhitungan keausan agregat kasar menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana,

A = berat agregat kasar sebelum abrasi

B = berat agregat kasar setelah abrasi

3.8 Pengujian Abu Sekam Padi

Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil limbah penggilingan padi di daerah Sidoarjo. Selanjutnya dengan pembakaran pertama dengan suhu 300°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi. Arang sekam padi kemudian didinginkan selama 24 jam, setelah itu dibakar pada suhu 300°C selama 2 sampai 3 jam. Setelah menjadi abu sekam berwarna putih keabu-abuan, ditumbuk hingga halus seperti tekstur pada semen. Pengujian abu sekam padi yang dilakukan adalah berat volume dan berat jenis abu sekam padi dengan menggunakan prosedur standar pengujian semen.

3.9 Pengujian Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Cangkang kerang darah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Tambak Cemandi, Sedati, Sidoarjo. Sebelum diuji melewati proses pembersihan, pengeringan serta penggilingan hingga menghasilkan cangkang kerang yang halus seperti tekstur pada semen, lolos saringan nomor 200 lalu ditumbuk hingga halus. Pengujian pada material cangkang kerang darah adalah berat volume dan berat jenis cangkang kerang darah menggunakan prosedur standar pengujian semen.

3.10 Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Penelitian ini menggunakan mix design metode DoE dengan campuran abu sekam padi prosentase 0%, 4% dan 6% dan cangkang kerang 0%, 8%, 10% dari berat total semen. Tahapan perancangan *mix design* beton diuraikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan Campuran (*Mix Design*)

| No. | Uraian | Tabel/Grafik/Perhitungan | Nilai |
|-----|------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Faktor Air Semen Bebas | Ditetapkan | 0,5 |
| 2. | Faktor Air Semen Maksimum | Ditetapkan (Tabel 3.5) | 0,6 |
| 3. | Slump | Ditetapkan | 60-180 mm |
| 4. | Ukuran Agregat Maksimum | Ditetapkan (Tabel 3.3 dan Gambar 3.26) | 40 mm |
| 5. | Kadar Air Semen Bebas | Ditetapkan (Tabel 3.4) | 185 kg/m ³ |
| 6. | Jumlah Semen | Nomor 5 : Nomor 1 | 370 kg/m ³ |
| 7. | Jumlah Semen Maksimum | Ditetapkan | - |
| 8. | Jumlah Semen Minimum | Tabel 3.5 (mengacu pada PBI 1971) | 275 kg/m ³ |
| 9. | Faktor Air Semen Yang Disesuaikan | Ditetapkan | - |
| 10. | Susunan Besar Butir Agregat Halus | Diketahui | Daerah gradasi butir zona 2 |
| 11. | Persen Bahan Lebih Halus | Diketahui (Gambar 3.28) | 42% |
| 12. | Berat Jenis Relatif Agregat (kering permukaan) | Diketahui | 2,670 kg/m ³ |
| 13. | Berat Jenis Beton | Diketahui (Gambar 3.29) | 2395 kg/m ³ |
| 14. | Kadar Agregat Gabungan | 13 – 6 – 5 | 1840 kg/m ³ |
| 15. | Kadar Agregat Halus | 14 x 11 | 772,8 kg/m ³ |
| 16. | Kadar Agregat Kasar | 14 – 15 | 1067,2 kg/m ³ |

Penjelasan perhitungan Tabel 3.2 Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*) sebagai berikut:

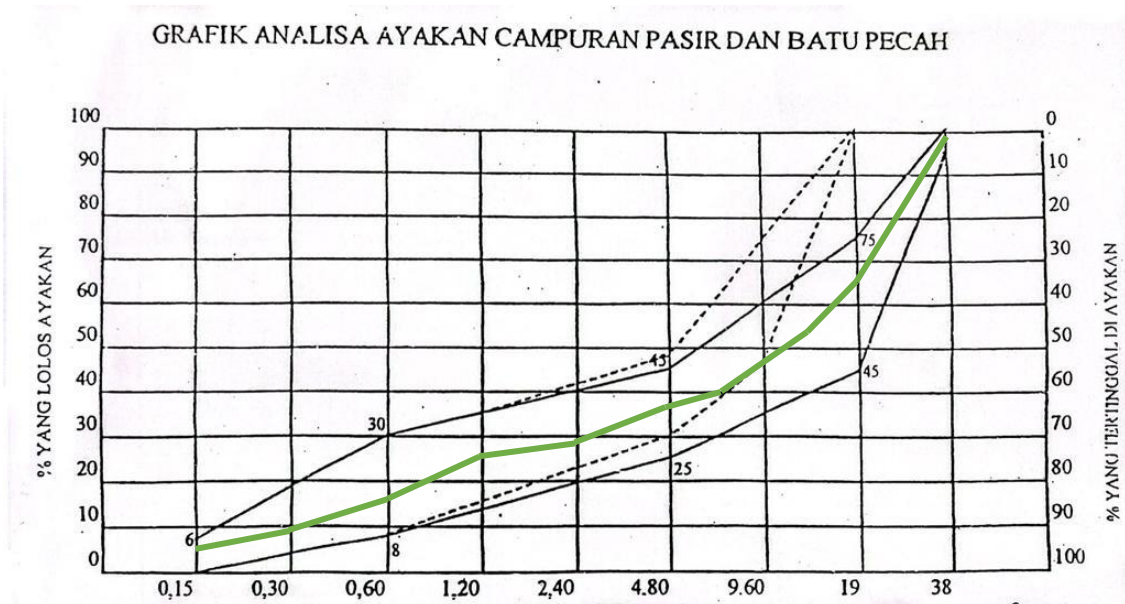
1. Menentukan faktor air semen bebas

Nilai FAS ditentukan sebesar 0,5 hal ini dikarenakan akan direncanakan pembuatan mix design untuk mutu beton normal. FAS beton normal 0,4 – 0,6.

2. Faktor air semen maksimum yaitu 0,60 diperoleh dari Tabel 3.5.
3. Menentukan nilai slump 60-180 mm
4. Ukuran agregat maksimum dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.26

Tabel 3.3 Analisa Ayakan Campuran

| Lubang Ayakan | Pasir | Batu Pecah | Campuran Pasir + Batu Pecah | | Gradasi Gabungan |
|---------------|------------|------------|-----------------------------|---------|------------------|
| | I | I | PS I | BP I | |
| (mm) | Σ % | Σ % | % | % | % |
| | | | 42 | 58 | |
| 50,8 | 100 | 100 | 42 | 58 | 100 |
| 38,1 | 100 | 97,89 | 42 | 56,7762 | 98,7762 |
| 19,05 | 100 | 68,31 | 42 | 39,6198 | 81,6198 |
| 9,6 | 100 | 33,34 | 42 | 19,3372 | 61,3372 |
| 4,76 | 96,4 | 2,78 | 40,488 | 1,6124 | 42,1004 |
| 2,38 | 91,7 | 0 | 38,514 | 0 | 38,514 |
| 1,19 | 77,3 | 0 | 32,466 | 0 | 32,466 |
| 0,59 | 56,7 | 0 | 23,814 | 0 | 23,814 |
| 0,297 | 31,1 | 0 | 13,062 | 0 | 13,062 |
| 0,15 | 9,8 | 0 | 4,116 | 0 | 4,116 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah | | | | | 495,8056 |



Gambar 3.26 Grafik Gradasi Ayakan Campuran

Dari hasil pengujian material analisa gradasi campuran telah di dapat zona agregat diameter maksimum 40 mm.

- Menentukan nilai kadar air bebas yang dibutuhkan dari Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air Bebas

| Slump (mm) | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
|-------------------------------------|---------------------|------|-------|-------|--------|
| Ukuran besar butir agregat maksimum | Jenis Agregat | | | | |
| 10 | Batu tak dipecahkan | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Batu tak dipecahkan | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Batu tak dipecahkan | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Dengan menggunakan rumus:

$$(2/3 \times W_f) + (1/3 \times W_c) = (2/3 \times 175) + (1/3 \times 205) = 185 \text{ kg/m}^3$$

6. Menentukan jumlah semen dengan rumus $5 : 1 = 185 : 0,5 = 370 \text{ kg/m}^3$
7. Jumlah semen maksimum ditetapkan.
8. Kadar semen minimum Tabel 3.5 mengacu pada PBI 1971

Tabel 3.5 Jumlah Semen Minimum dan Nilai Faktor Air Semen Maksimum

| Kondisi | Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg) | Nilai Faktor Air Semen Maksimum |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
| Beton didalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 275 | 0,60 |
| | 325 | 0,52 |
| Beton diluar ruang bangunan: a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0,60 |
| | 275 | 0,60 |
| Beton yang masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah | 325 | 0,55 |
| | 375 | 0,52 |
| Beton yang kontinu berhubungan dengan air: | | |

| | | |
|--------------|-----|------|
| a. Air tawar | 275 | 0,57 |
| b. Air laut | 375 | 0,52 |

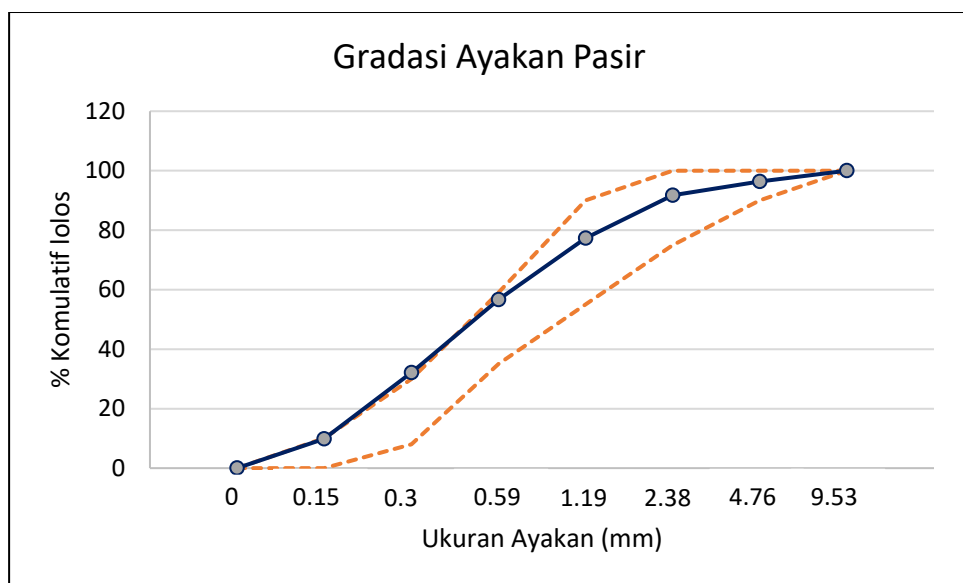
(Sumber: PBI 71)

9. Faktor air semen yang disesuaikan Tabel 3.5.

10. Susunan butir agregat halus masuk gradasi butir zona 2.

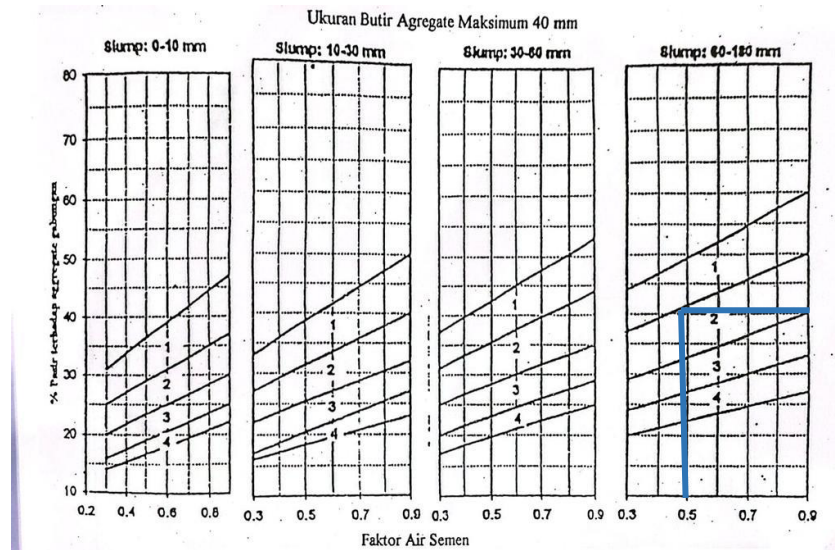
Tabel 3.6 Analisa Gradasi Pasir

| Saringan mm | Tertinggal di Saringan | | % Kumulatif | |
|----------------|------------------------|------|-------------|-------|
| | Gram | % | Tertinggal | Lolos |
| 4,76 | 36 | 3,6 | 12,30 | 96,4 |
| 2,38 | 47 | 4,7 | 19,10 | 91,7 |
| 1,19 | 144 | 14,4 | 31,20 | 77,3 |
| 0,59 | 206 | 20,6 | 47,90 | 56,7 |
| 0,29 | 246 | 24,6 | 64,40 | 31,1 |
| 0,15 | 223 | 22,3 | 85,10 | 9,8 |
| Pan | 98 | 9,8 | 100 | 0 |
| Jumlah | 1000 | 100 | 336 | 364 |
| | | Fm = | 3,36 | |



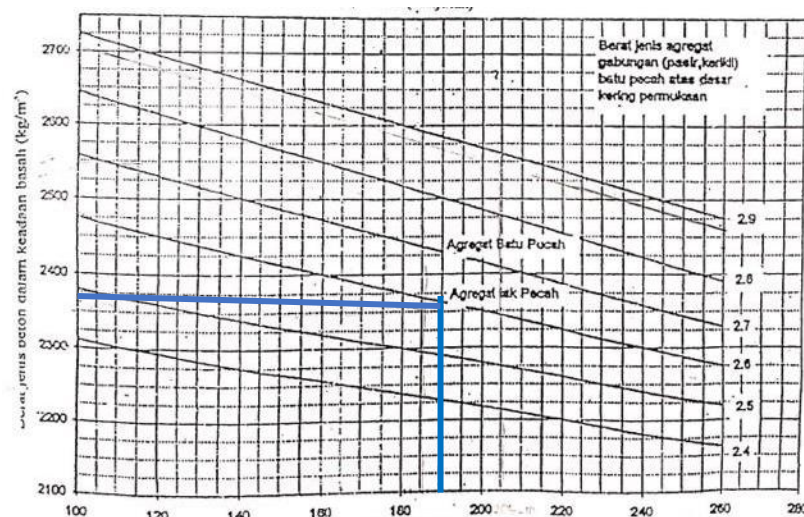
Gambar 3.27 Gradasi Ayakan Pasir

11. Persen lebih halus dari 4,8 mm didapat dari Gambar 3.28 diperoleh 42%



Gambar 3.28 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

12. Menghitung berat jenis relatif agregat dengan cara prosentase agregat halus dikalikan dengan berat jenis agregat halus, ditambah dengan hasil perkalian prosentase agregat kasar dengan berat jenisnya seperti perhitungan berikut ($\% \text{ pasir} \times \text{berat jenis pasir}$) + ($\% \text{ batu pecah} \times \text{berat jenis batu pecah}$)
- $$(42\% \times 2,63) + (58\% \times 2,7) = 2,670 \text{ kg/m}^3$$
13. Berat jenis beton didapat dari Gambar 3.7 diperoleh 2395 kg/m^3



Gambar 3.29 Berat Jenis Beton

14. Kadar agregat gabungan diperoleh dari berat jenis beton – jumlah semen - jumlah kadar air bebas = $2395 - 370 - 185 = 1840 \text{ kg/m}^3$

15. Memperoleh kadar agregat halus dengan rumus kadar agregat gabungan x presentase agregat lebih halus 4,8 mm = $1840 \times 42\% = 772,8 \text{ kg/m}^3$
16. Memperoleh kadar agregat kasar dengan rumus kadar agregat gabungan – kadar agregat halus = $1840 - 772,8 = 1067,2 \text{ kg/m}^3$

Tabel 3.7 Kebutuhan Material Campuran 1m^3

| Material | Total Kebutuhan/ m^3 |
|----------------------|-------------------------------|
| Kebutuhan Semen | 370 kg/m^3 |
| Kebutuhan Pasir | $772,8 \text{ kg.m}^3$ |
| Kebutuhan Batu Pecah | $1067,2 \text{ kg/m}^3$ |
| Kebutuhan Air | 185 kg/l |

Karena analisa *mix design* material dalam kondisi SSD, maka perlu koreksi untuk kebutuhan material sesuai kondisi asli di lapangan (per-m^3). Diperlukan data kadar air pasir dan resapan pasir, kadar air batu pecah dan resapan batu pecah. Dari hasil uji material diperoleh :

- Kadar air pasir: 3,1%
- Resapan pasir: 2,04%
- Kadar air batu pecah: 1,01%
- Resapan batu pecah: 1,32%

Berikut adalah perhitungan koreksi campuran beton per m^3

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= (\text{kadar air pasir} - \text{resapan pasir}) \times \text{berat pasir}/100 \\ &= (3,1 - 2,04) \times 772,8/100 \\ &= 8,191 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batu Pecah} &= (\text{kadar air batu pecah} - \text{resapan batu pecah}) \times \text{berat batu pecah}/100 \\ &= (1,01 - 1,32) \times 1067,2/100 \\ &= -3,31 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan campuran beton per m^3 untuk memperoleh komposisi campuran beton dalam kondisi asli:

$$\begin{aligned} \text{- Semen} &= 370 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Pasir} &= \text{berat pasir} + \text{koreksi pasir} \\ &= 772,8 + 8,191 \end{aligned}$$

- = 780.991 kg/m³
- Batu pecah = berat batu pecah + koreksi batu pecah
 = 1067,2 + (-3,31)
 = 1063,89 kg/m³
 - Air = berat air + (kadar air pasir – resapan pasir) x berat pasir/100 +
 (kadar air batu pecah – resapan batu pecah) x berat batu pecah/100
 = 185 + (3,1% - 2,04%) x 780,991/100 + (1,01% - 1,31%) x 1063,89/100
 = 185,34 liter

Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan material dalam kondisi asli untuk digunakan pada saat pembuatan campuran beton.

Tabel 3.8 Kebutuhan Material Kondisi Asli Untuk Campuran Beton 1m³

| Material | Total Kebutuhan/m ³ |
|----------------------|--------------------------------|
| Kebutuhan Semen | 370 kg/m ³ |
| Kebutuhan Pasir | 780,991 kg/m ³ |
| Kebutuhan Batu Pecah | 1063,89 kg/m ³ |
| Kebutuhan Air | 185,34 kg/liter |

Kebutuhan volume campuran beton setiap variasi

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 7,5^2 \times 30 \\
 &= 5298,75 \text{ cm}^3 = 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dibutuhkan 60 benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm. Setiap satu kali pengadukan digunakan untuk 12 benda uji, maka komposisi kebutuhan material dihitung sebagai berikut:

- Kebutuhan volume tiap adukan = 0,0053 x 12 benda uji = 0,064 m³

Kebutuhan masing-masing material untuk tiap adukan = 0,064 m³ :

- Semen = (kebutuhan semen kondisi asli x 0,064) = 370 x 0,064 = 23,68 kg/m³
- Pasir = (kebutuhan pasir kondisi asli x 0,064) = 780,991 x 0,064 = 50,00 kg/m³
- Batu Pecah = (kebutuhan batu pecah kondisi asli x 0,064) = 1063,89 x 0,064 = 68,10 kg/m³
- Air = (kebutuhan air kondisi asli x 0,064) = 185,34 x 0,064 = 11,86 lt/m³

Ditentukan kebutuhan abu sekam padi dan cangkang kerang sebagai campuran semen, yaitu:

1. Abu sekam padi 0% dan cangkang kerang 0 % = 23,68 kg/m³

2. Abu sekam padi 4% dan cangkang kerang 8% :

Abu sekam padi 4% = 23,68 x 4% = 0,94 kg/m³

Cangkang kerang 8% = 23,68 x 8% = 1,89 kg/m³

Semen = 23,68 - (0,94 + 1,89) = 20,85 kg/m³

3. Abu sekam padi 4% dan cangkang kerang 10% :

Abu sekam padi 4% = 23,68 x 4% = 0,94 kg/m³

Cangkang kerang 10% = 23,68 x 10% = 2,36 kg/m³

Semen = 23,68 - (0,94 + 2,36) = 20,38 kg/m³

4. Abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 8% :

Abu sekam padi = 23,68 x 6% = 1,42 kg/m³

Cangkang kerang = 23,68 x 8% = 1,89 kg/m³

Semen = 23,68 - (1,42 + 1,89) = 20,37 kg/m³

5. Abu sekam padi 6% dan cangkang kerang 10% :

Abu sekam padi = 23,68 x 6% = 1,42 kg/m³

Cangkang kerang = 23,68 x 10% = 2,36 kg/m³

Semen = 23,68 - (1,42 + 2,36) = 19,9 kg/m³

Untuk kebutuhan 1 kali pengadukan campuran (12 benda uji silinder) dibutuhkan material semen, abu sekam padi, cangkang kerang sebanyak yang tertera pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Kebutuhan Material Untuk Satu Kali Pengadukan (12 benda uji)

| % AS | % CK | Semen (kg) | Abu Sekam Padi (kg) | Cangkang Kerang (kg) | Pasir (kg) | Batu Pecah (kg) | Air (kg/ltr) |
|------|------|------------|---------------------|----------------------|------------|-----------------|--------------|
| 0% | 0% | 23,68 | - | - | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 4% | 8% | 20,85 | 1,18 | 1,89 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 4% | 10% | 20,38 | 1,18 | 2,36 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 6% | 8% | 20,37 | 1,42 | 1,89 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 6% | 10% | 19,9 | 1,42 | 2,36 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |

3.11 Pembuatan Benda Uji Beton

Cetakan benda uji yang akan dipakai berbentuk silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Jumlah benda uji tiap variasi adalah 3 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari serta uji kuat tarik belah pada umur 28 hari. Komposisi dengan campuran abu sekam padi 0% dan cangkang kerang dara 0% adalah beton normal yang berfungsi sebagai benda uji kontrol. Adapun Langkah-langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Pencampuran atau *mixing*.
2. Campuran beton dicetak pada benda uji silinder diameter 15 cm x 30 cm.
3. Penuangan campuran ke dalam benda uji dengan 3 tahapan yaitu:
 - Menuangkan 1/3 bagian terdahulu kemudian dirojok 25 kali
 - Setelah itu 2/3 bagian kemudian dirojok sebanyak 25 kali
 - Penuangan terakhir kemudian dirojok 25 kali, lalu diratakan.
4. Setelah proses penuangan beton selesai, beton ditunggu mengering selama 24 jam, setelah itu beton dikeluarkan dari benda uji kemudian masuk di tahapan perawatan atau *curing* beton. Nama benda uji diuraikan pada Tabel 3.10. Jumlah benda uji kebutuhan masing-masing pengujian diuraikan pada Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Kode Benda Uji

| Nama Benda Uji | Variasi Campuran |
|----------------|----------------------------------------|
| AS0CK0 | Abu Sekam Padi 0%, Cangkang Kerang 0% |
| AS4CK8 | Abu Sekam Padi 4%, Cangkang Kerang 8% |
| AS4CK10 | Abu Sekam Padi 4%, Cangkang Kerang 10% |
| AS6CK8 | Abu Sekam Padi 6%, Cangkang Kerang 8% |
| AS6CK10 | Abu Sekam Padi 6%, Cangkang Kerang 10% |

Tabel 3.11 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

| Benda Uji | Abu Sekam Padi (%) | Cangkang Kerang (%) | Jumlah Benda Uji Kuat Tekan (buah) | | | Jumlah Benda Uji Kuat Tarik Belah (buah) |
|-----------|--------------------|---------------------|------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------------------|
| | | | Usia 7 hari | Usia 14 hari | Usia 28 hari | Usia 28 hari |
| AS0CK0 | 0% | 0% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| AS4CK8 | 4% | 8% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| AS4CK10 | 4% | 10% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| AS6CK8 | 6% | 8% | 3 | 3 | 3 | 3 |
| AS6CK10 | 6% | 10% | 3 | 3 | 3 | 3 |

| | | | | |
|----------------------|----|----|----|----|
| | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Total benda uji = 60 | | | | |

Jadi, total benda uji beton pada penelitian ini adalah 60 beton.

3.12 *Slump Test*

Slump Test merupakan pengujian kekentalan beton segar untuk mendapatkan nilai slump beton yang baik dan mencapai kekuatan mutu yang diinginkan. Mengacu pada SNI 03-1972-1990.

Bahan yang dibutuhkan yaitu beton segar yang diambil acak untuk mewakili keseluruhan beton.

Alat yang diperlukan sebagai berikut:

1. Cetakan dari logam
2. Kerucut Abrams
3. Cetok
4. Mistar pengukur
5. Alat perojok berupa besi
6. Pelat logam dengan permukaan kedap air, rata dan kokoh.

Prosedur *slump test* sebagai berikut:

1. Basahi cetakan dan plat.
2. Siapkan kerucut abrams diatas plat.
3. Masukkan beton segar kedalam kerucut abrams 1/3 bagian kemudian dirojok 25 kali. Lapisan ini dirojok pada bagian tepi dengan besi dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan. Kemudian isi cetakan 1/3 bagian lagi kemudian dirojok sebanyak 25 kali, dan isi 1/3 bagian terakhir lalu dirojok sebanyak 25 kali.
4. Setelah proses rojokan, ratakan permukaan cetakan dan bersihkan semua sisa benda uji di sekitar cetakan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Pengujian ini harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit dari mulai pengisian cetakan sampai cetakan diangkat.
5. Balik kerucut Abrams dan letakkan perlahan-lahan disamping benda uji, lalu ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Rencana uji slump yaitu 60-180 mm.

3.13 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan beton bermanfaat untuk menguatkan ikatan semen dan agregat, mengurangi retak pada beton agar menghasilkan beton dengan mutu sesuai rencana. Beton segar yang sudah dicetak dalam benda uji berbentuk silinder didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam dilepaskan dari cetakan kemudian benda uji tersebut dimasukkan ke dalam bak yang berisi air sampai umur pengujian beton. Benda uji harus melewati perawatan untuk menjaga beton tetap dalam kondisi baik selama proses pematangan sesuai umur yang diinginkan.

3.14 Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan pada beton. Prosedur pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

Alat: *Compression Testing Machine*.

Bahan: Benda uji beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Langkah-langkah pengujian:

1. Timbang benda uji yang telah kering dari bak rendaman.
2. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris dengan posisi seperti Gambar 2.1.
3. Jalankan mesin tekan dan lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur lalu matikan mesin dan catat beban maksimum yang terjadi.
4. Ulangi Langkah 1 sampai 3 hingga seluruh benda uji yang akan diuji.

3.15 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai hasil kuat tarik belah beton. Prosedur pengujian ini mengacu pada SNI 03-2491-2002. Adapun tahapan pengujian sebagai berikut:

Alat: *Compression Testing Machine*.

Bahan: Benda uji beton umur 28 hari.

Langkah-langkah pengujian:

1. Timbang benda uji yang telah kering dari bak rendaman.
2. Timbang benda uji yang akan diuji kuat tarik belah.

3. Letakkan benda uji pada alat uji dalam posisi tidak sentris dengan posisi seperti Gambar 2.2.
4. Jalankan mesin dan pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur , lalu catat beban maksimum yang terjadi.
5. Ulangi langkah 1 sampai 4 hingga seluruh benda uji yang akan diuji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Material

Uji material semen, agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi (AS) dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) (CK) dilakukan di Laboratorium Beton dan Material Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, dan sebagian di Laboratorium PT. Varia Usaha Beton. Hasil uji material diuraikan pada Tabel 4.1. Data dan perhitungan lengkap diuraikan pada Lampiran.

Tabel 4.1 Hasil Uji Material

| Material | Uji Material | Standar Pengujian | Standar Hasil Uji | Hasil Uji | Persyaratan | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----|
| SEMEN PORTLAND TYPE 1 | Konsistensi Normal Semen | SNI 03-6826-2002 | 22%-32% | | | |
| | Semen | | | 29,6% | OK | |
| | Semen + AS 4% + CK 8% | | | 31% | OK | |
| | Semen + AS 4% + CK 10% | | | 30% | OK | |
| | Semen + AS 6% + CK 8% | | | 30,5% | OK | |
| | Semen + AS 6% + CK 10% | | | 31% | OK | |
| | Waktu Mengikat dan Mengeras | SNI 03-6827-2002 | Min. 45 menit Maks. 480 menit | | | |
| | Semen Waktu Mengikat (menit) Waktu Mengeras (menit) | | | Min. 45 Maks. 480 | 77 menit 195 menit | OK |
| | Semen + AS 4% + CK 8% Waktu Mengikat (menit) Waktu Mengeras (menit) | | | Min. 45 Maks. 480 | 65 menit 150 menit | OK |
| | Semen + AS 4% + CK 10% | | | | | |

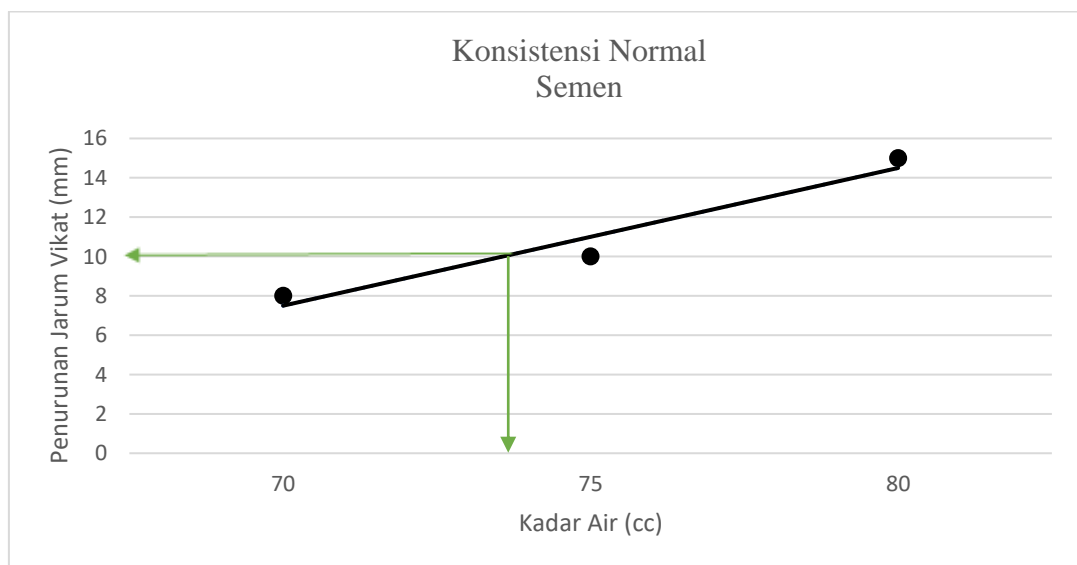
| | | | | | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|
| | Waktu Mengikat (menit) Waktu Mengeras (menit) | | Min. 45 Maks.480 | 65 menit 150 menit | OK |
| | Semen + AS 6% + CK 8% Waktu Mengikat (menit) Waktu Mengeras (menit) | | Min. 45 Maks.480 | 105 menit 150 menit | OK |
| | Semen + AS 6% + CK 10% Waktu Mengikat (menit) Waktu Mengeras (menit) | | Min. 45 Maks.480 | 75 menit 150 menit | OK |
| | Berat Jenis Semen | ASTM C 188-2002 | 3.00 – 3.20 gr/cm ³ | 3.12 | OK |
| | Berat Volume Semen | SNI 03-1973-2008 | 1.0 – 1.8 gr/cm ³ | 1.05 | OK |
| | PASIR LUMAJANG | Berat Volume Pasir | SNI 03-1973-2008 | 1.0 – 1.8 gr/cm ³ | 1.7 gr/cm ³ |
| Berat Jenis Pasir | | SNI 03-1970-1990 | < 3 gr/cm ³ | 2,63 gr/cm ³ | OK |
| Gradasi Pasir | | SNI 03-2438-2000 | Fm = 1.5 – 3.8 | Fm = 3,36 Zona 2 | OK |
| Kebersihan Pasir Terhadap Kadar Organik | | SNI 03-2816-1992 | - | Kuning Muda | OK |
| Kebersihan Pasir Terhadap Kadar Lumpur Dengan Cara Basah | | SNI 03-1750-1990 | Maks. 5% | 1.7% | OK |
| Resapan Pasir | | SNI 03-1970-1990 | < 3% | 2.04 | OK |
| Kadar Air Pasir | | ASTM C 556-71 | < 5% | 3.1% | OK |
| BATU PECAH PASURUAN | Berat Jenis Batu Pecah | ASTM C127-88 | < 2% | 2.70% | OK |
| | Berat Volume Batu Pecah | ASTM C 29-78 | < 50% | 1,7% | OK |
| | Gradasi Batu Pecah | SNI 03-2438-2000 | Fm= 6.0 – 8.0 | Fm = 6.98 Zona 1 | OK |
| | Kadar Air Batu Pecah | ASTM C556-71 | < 7.5% | 1,01% | OK |

| | | | | | |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|------------------|---------|-------------------------|----|
| | Kebersihan Batu Pecah Terhadap Kadar Lumpur Dengan Cara Kering | ASTM C117-76 | Maks 1% | 0.20% | OK |
| | Resapan Batu Pecah | ASTM C127-88 | < 2% | 1.32% | OK |
| | Keausan Batu Pecah | ASTM C131-89 | < 50% | 18.60% | OK |
| ABU SEKAM PADI | Berat Volume Abu Sekam Padi | SNI 03-1973-2008 | - | 1,00 gr/cm ³ | - |
| | Berat Jenis Abu Sekam Padi | ASTM C 188-2002 | - | 1,67 gr/cm ³ | - |
| CANGKANG KERANG | Berat Volume Cangkang Kerang | SNI 03-1973-2008 | - | 1.03 gr/cm ³ | - |
| | Berat Jenis Cangkang Kerang | ASTM C 188-2002 | - | 2.4 gr/cm ³ | - |

4.2 Hasil Pengujian Semen

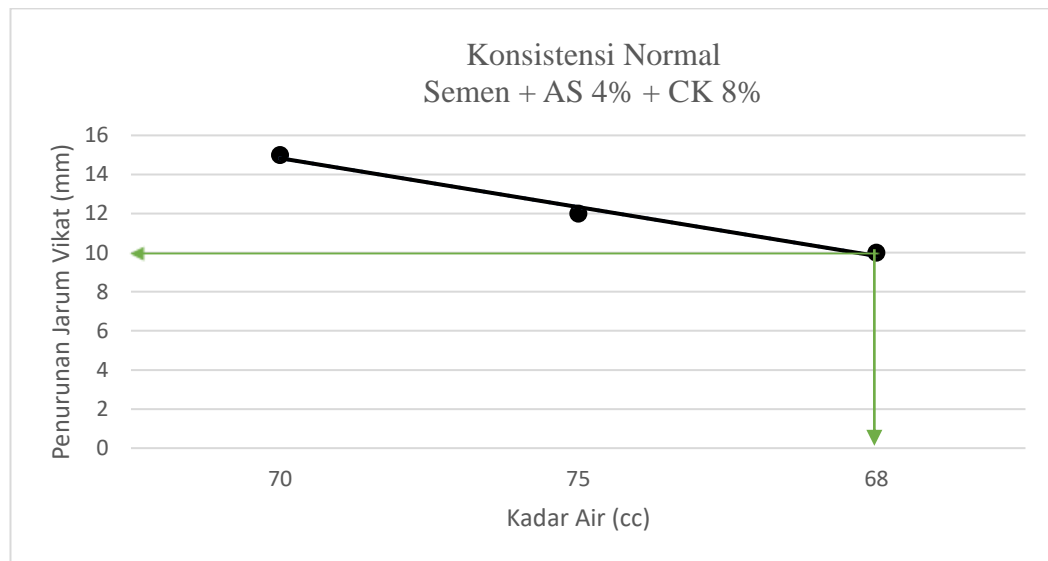
4.2.1 Pengujian Konsistensi Normal

Konsistensi normal merupakan kadar air yang dibutuhkan dalam pembuatan pasta semen agar tidak terlalu keras atau cair. Kadar air tersebut diketahui apabila jarum vikat di permukaan pasta semen terjadi penetrasi sedalam 10 mm. Dari hasil uji diperoleh hasil konsistensi normal. Saat pengujian dilakukan, sangat sulit untuk memperoleh penurunan jarum vikat tepat 10 mm dengan kadar air yang tepat. Dari tiga kali hasil pengujian, digunakan regresi linier untuk menentukan kadar air pada penurunan jarum vikat 10 mm.



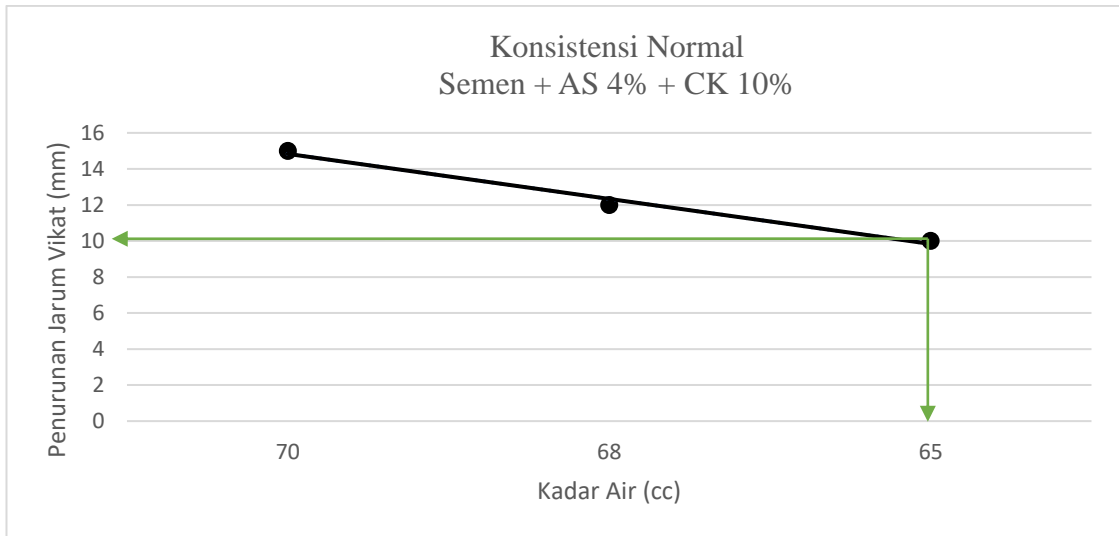
Gambar 4.1 Konsistensi Normal Semen

Gambar 4.1 menunjukkan tiga kali hasil pengujian untuk menentukan kadar air normal dan diperoleh penurunan jarum 10 mm dengan kadar air sebesar 74 cc. Hasil perhitungan konsistensi normal semen tanpa bahan tambah material abu sekam dan cangkang kerang diperoleh kadar air untuk menghasilkan pasta semen yang tidak terlalu encer atau keras adalah sebesar 74 cc atau konsistensi normal sebesar 29,6%.



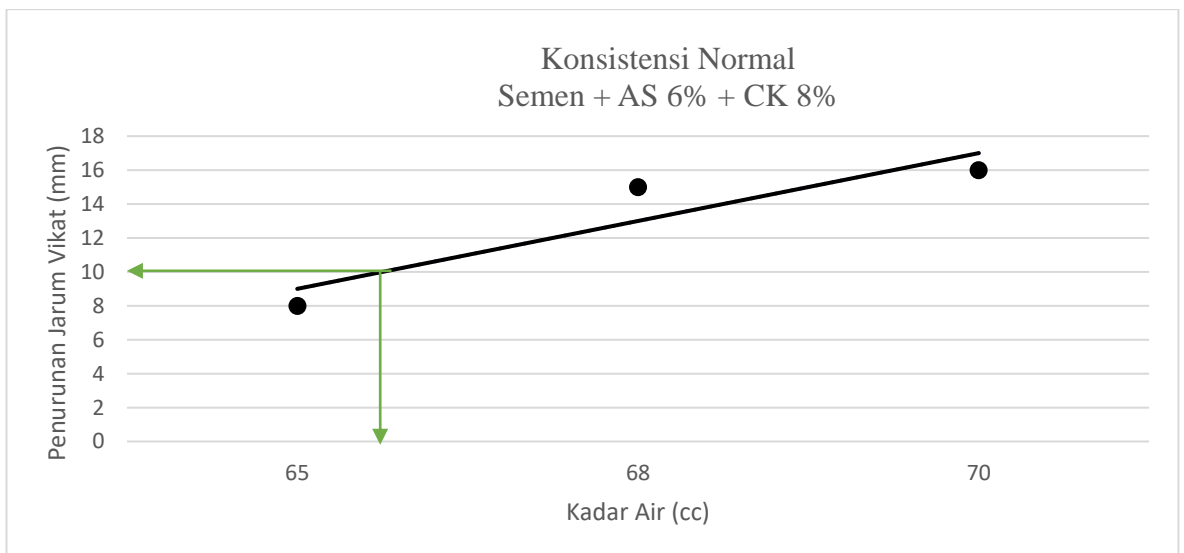
Gambar 4.2 Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 8%

Gambar 4.2 menunjukkan tiga kali hasil pengujian untuk menentukan kadar air normal dan diperoleh penurunan jarum 10 mm dengan kadar air sebesar 68 cc. Hasil perhitungan konsistensi normal diperoleh kadar air untuk pasta semen dicampur AS 4% dan CK 8% adalah 31%.



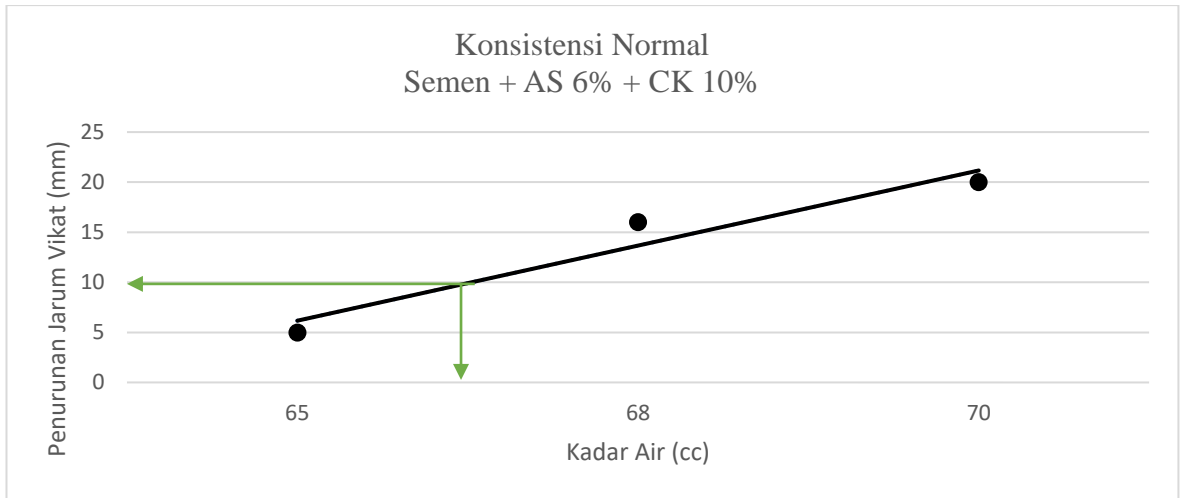
Gambar 4.3 Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 10%

Gambar 4.3 menunjukkan tiga kali hasil pengujian untuk menentukan kadar air normal dan diperoleh penurunan jarum 10 mm dengan kadar air sebesar 65 cc. Hasil perhitungan konsistensi normal diperoleh kadar air untuk pasta semen dicampur AS 4% dan CK 10% adalah 30%.



Gambar 4.4 Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 8%

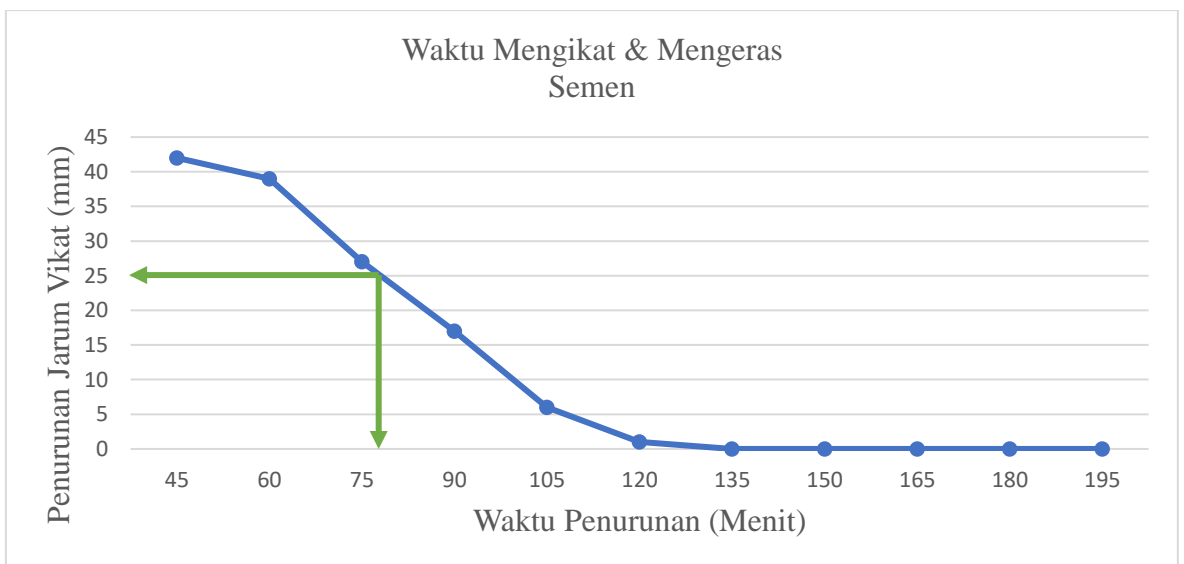
Gambar 4.4 menunjukkan tiga kali hasil pengujian untuk menentukan kadar air normal dan diperoleh penurunan jarum 10 mm dengan kadar air sebesar 65,7 cc. Hasil perhitungan konsistensi normal diperoleh kadar air untuk pasta semen dicampur AS 6% dan CK 8% sebesar 30,5%.



Gambar 4.5 Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 10%

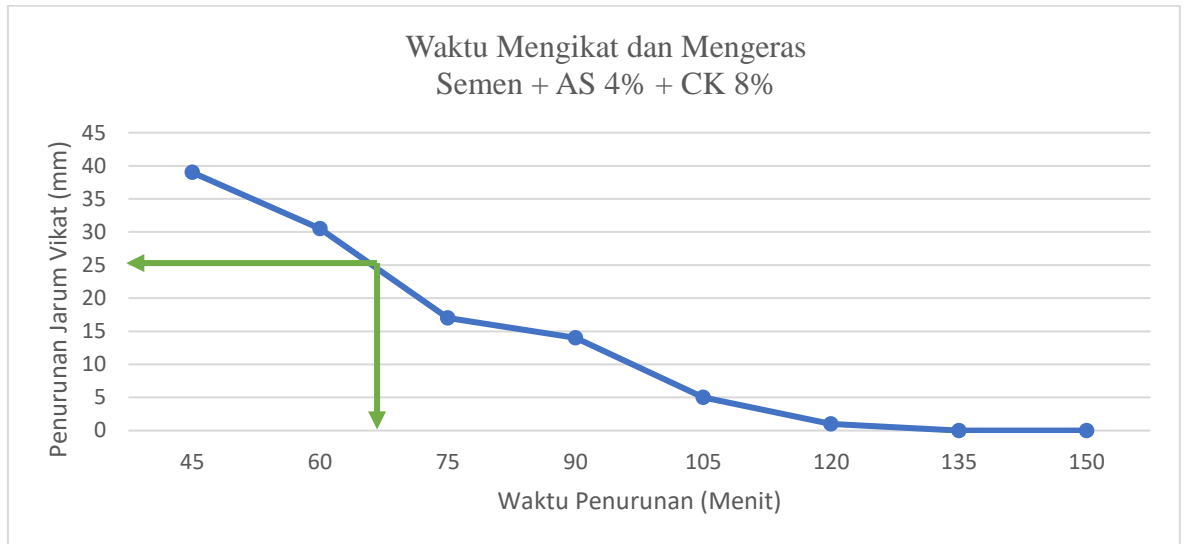
Gambar 4.5 menunjukkan tiga kali hasil pengujian untuk menentukan kadar air normal dan diperoleh penurunan jarum 10 mm dengan kadar air sebesar 66 cc. Hasil perhitungan konsistensi normal diperoleh kadar air untuk pasta semen dicampur AS 6% dan CK 10% adalah 31%.

4.2.2 Pengujian Waktu Mengikat dan Mengeras Semen



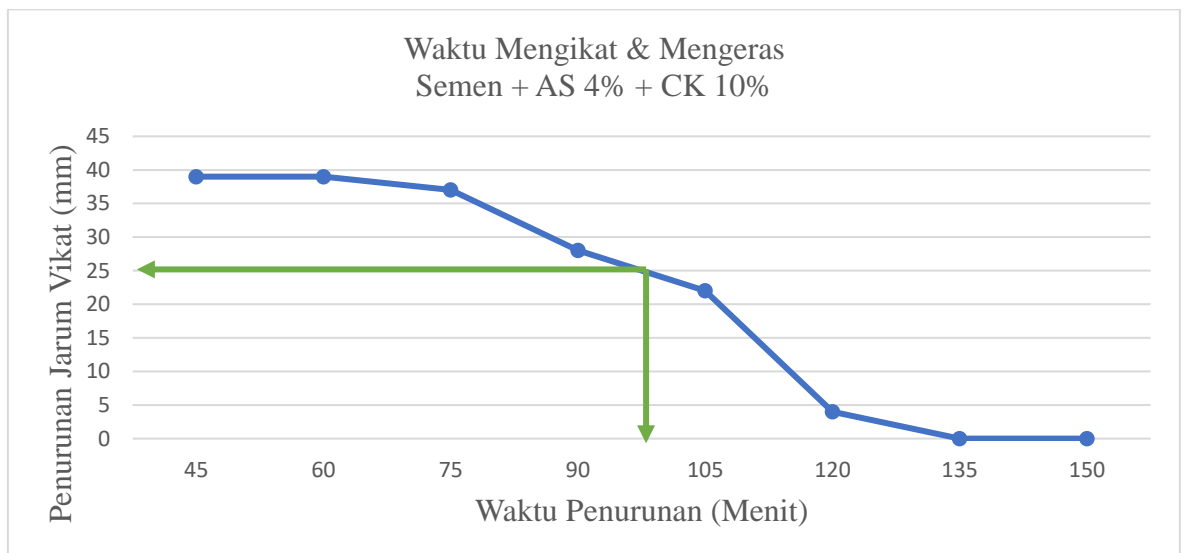
Gambar 4.6 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian waktu mengikat dan mengeras pasta semen. Didapatkan pasta semen mengalami pengikatan pada menit ke-77 yang diketahui dari penurunan jarum 25 mm, dan waktu mengeras terjadi pada menit ke-195.



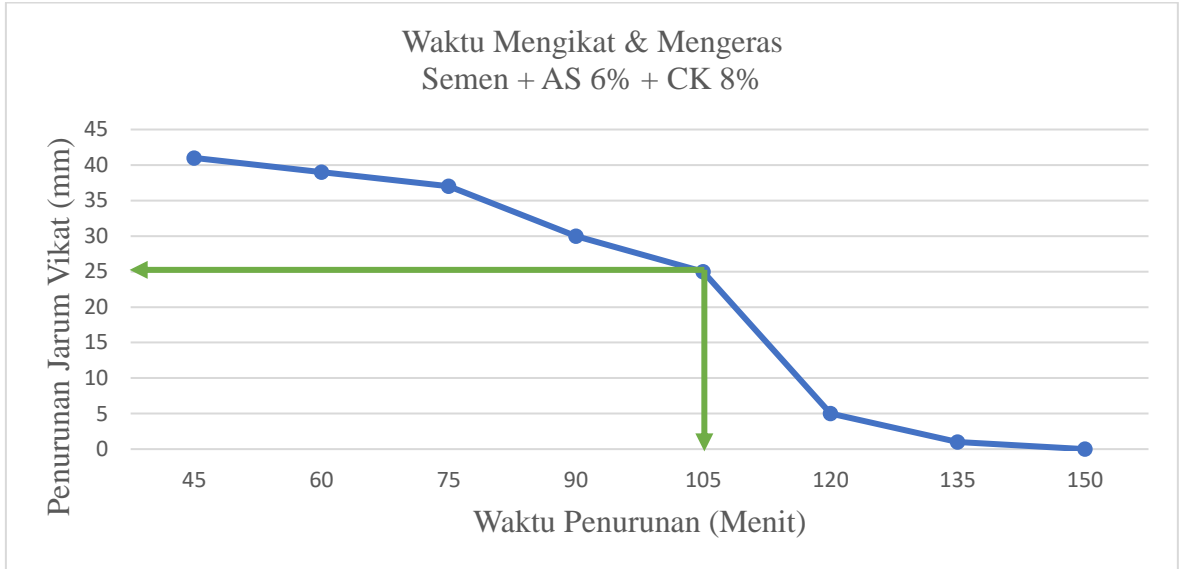
Gambar 4.7 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 8%

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian waktu mengikat dan mengeras pasta semen + AS 4% + CK 8% mengalami pengikatan pada menit ke-66 dan mengeras pada menit ke-150.



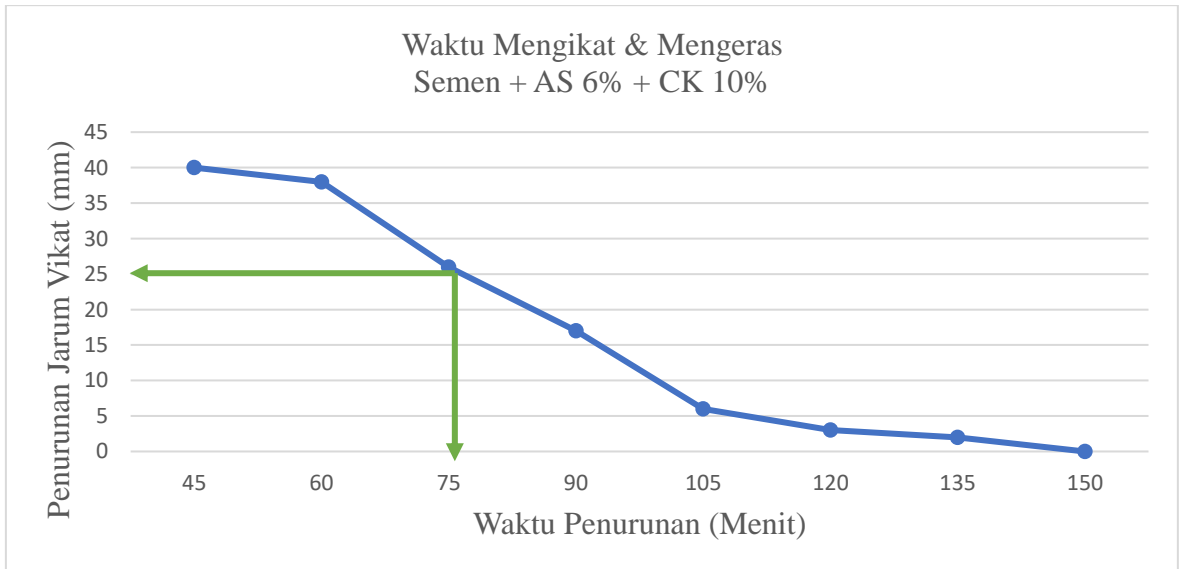
Gambar 4.8 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 10%

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian waktu mengikat dan mengeras pasta semen + AS 4% + CK 10% mengalami pengikatan pada menit ke-94 dan mengeras pada menit ke-150.



Gambar 4.9 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 8%

Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian waktu mengikat dan mengeras pasta semen + AS 6% + CK 8% mengalami pengikatan pada menit ke-105 dan mengeras pada menit ke-150.



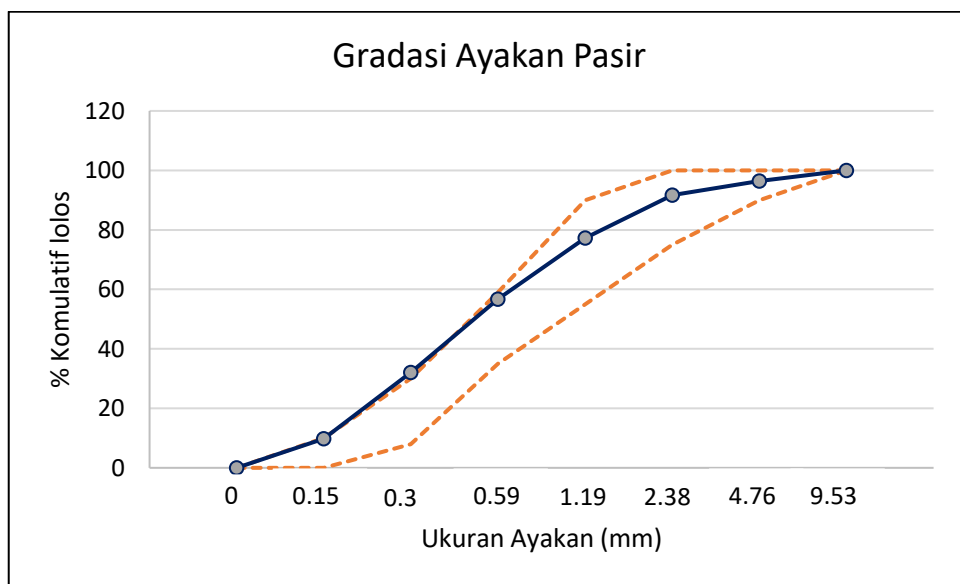
Gambar 4.10 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 10%

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian waktu mengikat dan mengeras pasta semen + AS 6% + CK 10% mengalami pengikatan pada menit ke-75 dan mengeras pada menit ke-150.

4.3 Hasil Pengujian Agregat Halus

4.3.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi butiran agregat halus (pasir) dan menentukan modulus kehalusan pasir. Pada pengujian ini diperoleh hasil gradasi butiran pasir termasuk ke dalam zona 2 dengan modulus kehalusan pasir 3,36 yang artinya hasil uji tersebut memenuhi persyaratan untuk agregat halus untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.



Gambar 4.11 Gradasi Ayakan Pasir

4.3.2 Pengujian Kebersihan Agregat Halus Terhadap Kadar Organik

Pengujian kebersihan pasir terhadap bahan organik bertujuan untuk mengetahui kandungan organik yang terdapat pada pasir. Uji ini dilakukan dengan cara pasir ditambahkan NaOH sebanyak 3% kemudian dikocok dan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, dari larutan NaOH mengalami perubahan yang semula berwarna bening menjadi kekuningan. Pada Gambar 4.12, menunjukkan bahwa pasir mengandung sedikit kadar organik dan layak digunakan dalam pembuatan beton.



Gambar 4.12 Hasil Uji Kebersihan Pasir Terhadap Kadar Organik

4.3.3 Pengujian Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah

Pasir yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi standar kelayakan. Salah satu standar pasir yang dapat digunakan sebagai campuran beton yaitu tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Hasil yang diperoleh pada saat pengujian pasir mengandung lumpur sebesar 1,7%. Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa pasir memenuhi standar kelayakan sebagai campuran beton.

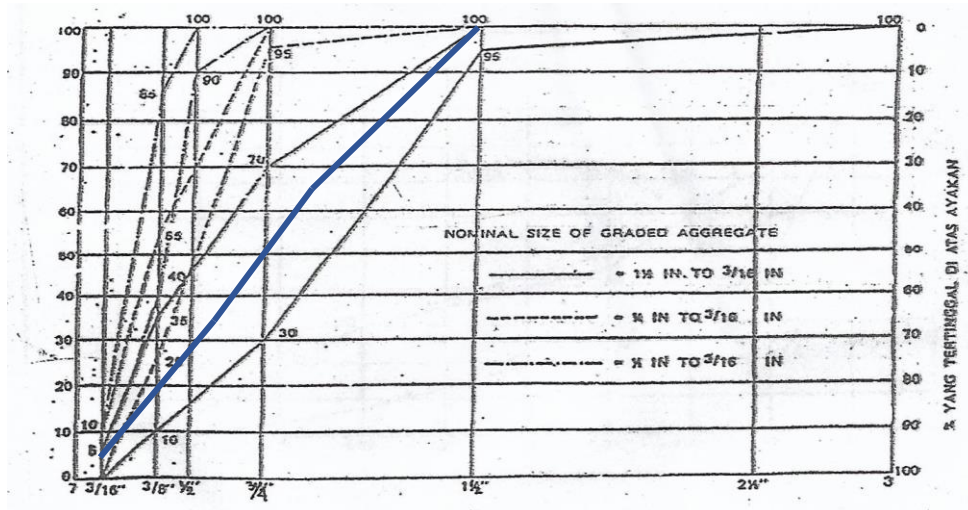


Gambar 4.13 Hasil Uji Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Dengan Cara Basah

4.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar

4.4.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi agregat kasar (batu pecah) dan menentukan modulus kehalusan batu pecah. Pada Gambar 4.14 menunjukkan hasil ayakan batu pecah, diperoleh dengan butiran agregat berada di zona 1, dan modulus kehalusan batu pecah 6,98.



Gambar 4.14 Hasil Uji Gradasi Saringan Batu Pecah

4.2 Hasil *Mix Design*

Berdasarkan perhitungan rancangan *mix design* yang diuraikan pada Tabel 3.2 didapatkan kebutuhan material yang digunakan dalam pembuatan beton, dapat dilihat pada Tabel 4.2. Dari hasil *mix design* pada Tabel 4.2 didapatkan perbandingan berat antara semen, abu sekam padi, cangkang kerang, batu pecah, dan air yang diuraikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil *Mix Design*

| % AS | % CK | Semen (kg) | Abu Sekam Padi (kg) | Cangkang Kerang (kg) | Pasir (kg) | Batu Pecah (kg) | Air (kg/liter) |
|------|------|------------|---------------------|----------------------|------------|-----------------|----------------|
| 0% | 0% | 23,68 | - | - | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 4% | 8% | 20,85 | 1,18 | 1,89 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 4% | 10% | 20,38 | 1,18 | 2,36 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 6% | 8% | 20,37 | 1,42 | 1,89 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |
| 6% | 10% | 19,9 | 1,42 | 2,36 | 50,00 | 68,10 | 11,86 |

Tabel 4.3 Hasil Rasio Material

| Benda Uji | Semen | Abu Sekam Padi | Cangkang Kerang | Pasir | Batu Pecah | Air |
|-----------|-------|----------------|-----------------|-------|------------|-----|
| AS0CK0 | 1 | - | - | 2 | 3 | 1 |
| AS4CK8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| AS4CK10 | 1 | 1 | 0,1 | 2 | 3 | 1 |
| AS6CK8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| AS6CK10 | 1 | 0,1 | 0,1 | 2 | 3 | 1 |

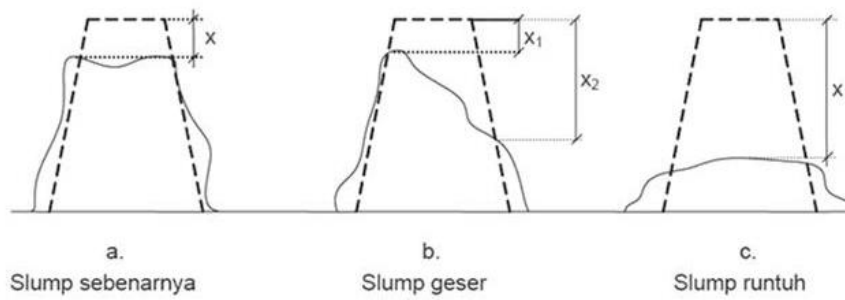
4.3 Hasil Uji Slump

Uji slump dilakukan pada beton segar sebelum dimasukkan ke dalam cetakan benda uji. Beton segar dimasukkan ke dalam kerucut Abrams setiap 1/3 bagian, kemudian dirojak sebanyak 25 kali, masukkan beton segar 2/3 bagian kemudian rojok sebanyak 25 kali lakukan cara yang sama hingga kerucut Abrams penuh. Kemudian angkat kerucut Abrams secara perlahan hingga beton segar mengalami penurunan. Setelah itu, ukur selisih ketinggian kerucut Abrams menggunakan meteran dan catat hasil pengukuran tersebut. Uji Slump bertujuan untuk mengetahui kekentalan beton yang dapat berpengaruh pada *workability* beton. Dari hasil pengujian, diperoleh adukan beton telah memenuhi rencana slump, terbukti mudah dikerjakan saat pengadukan dan cetak benda uji.

Tabel 4.4 Hasil Uji Slump

| No. | Nama Benda Uji | Rencana Slump (mm) | Hasil Uji (mm) | Persyaratan |
|-----|----------------|--------------------|----------------|-------------|
| 1. | AS0CK0 | 60 - 180 | 100 | OK |
| 2. | AS4CK8 | 60 - 180 | 100 | OK |
| 3. | AS4CK10 | 60 - 180 | 100 | OK |
| 4. | AS6CK8 | 60 - 180 | 100 | OK |
| 5. | AS6CK10 | 60 - 180 | 100 | OK |

Pada campuran beton segar pengujian slump pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa penurunan slump yang terjadi sesuai dengan slump rencana. Hal ini menunjukkan kebutuhan air pada mix design sebesar 11,86 kg/lt sudah sesuai untuk mendapatkan nilai slump seperti tabel diatas.



Gambar 4.15 Tipe Keruntuhan Beton Saat Uji Slump



Gambar 4.16 Uji Slump

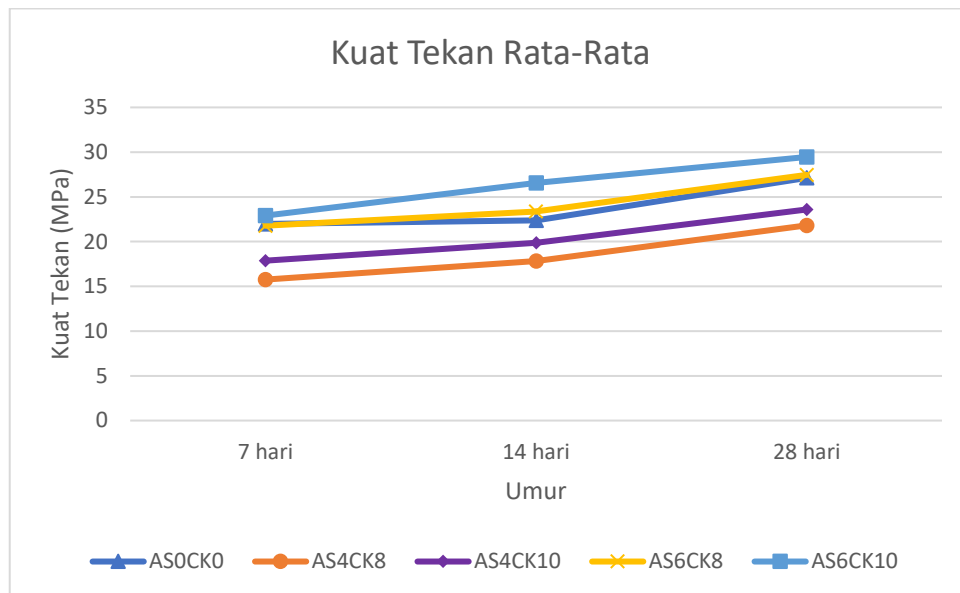
Tipe keruntuhan uji slump ditunjukkan pada Gambar 4.15, dan penurunan adukan hasil uji slump yang tepat pada Gambar 4.15 (a). Pada saat pengujian slump, diperoleh penurunan seperti pada Gambar 4.16. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini pengujian slump seluruh benda uji termasuk tipe slump sebenarnya yang artinya beton segar mengalami penurunan secara bersamaan.

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di PT. Varia Usaha Beton. Hasil uji kuat tekan diuraikan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.17. Data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4.5 Hasil Uji Kuat Tekan

| Nama Benda Uji | Uji Kuat Tekan (MPa) | | |
|----------------|----------------------|---------|---------|
| | Umur Beton | | |
| | 7 hari | 14 hari | 28 hari |
| AS0CK0 | 21,98 | 22,36 | 27,12 |
| AS4CK8 | 15,76 | 17,82 | 21,82 |
| AS4CK10 | 17,87 | 19,87 | 23,59 |
| AS6CK8 | 21,78 | 23,36 | 27,46 |
| AS6CK10 | 22,91 | 26,57 | 29,46 |



Gambar 4.17 Hasil Uji Kuat Tekan

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.17 menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan beton, A6CK10 memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 29,46 MPa lebih tinggi dari beton tanpa campuran abu sekam padi dan cangkang kerang yaitu 27,12 MPa sekitar 2,34%.

Pada umur 28 hari nilai kuat tekan AS4CK10 lebih tinggi 1,77% dari beton AS4CK8. Kenaikan nilai kuat tekan pada beton dengan prosentase abu sekam yang sama, tetapi penambahan cangkang kerang lebih tinggi sebesar 2%. Hal tersebut berpengaruh terhadap nilai kuat tekan yang terjadi, yaitu semakin tinggi prosentase cangkang kerang dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Beton AS6CK10 mengalami kenaikan 2% dari beton AS6CK8 karena penambahan prosentase cangkang kerang yang lebih tinggi. Sedangkan beton AS4CK8 dan AS4CK10 nilai kuat tekan lebih rendah sebesar 5,64% dan 5,87% dari

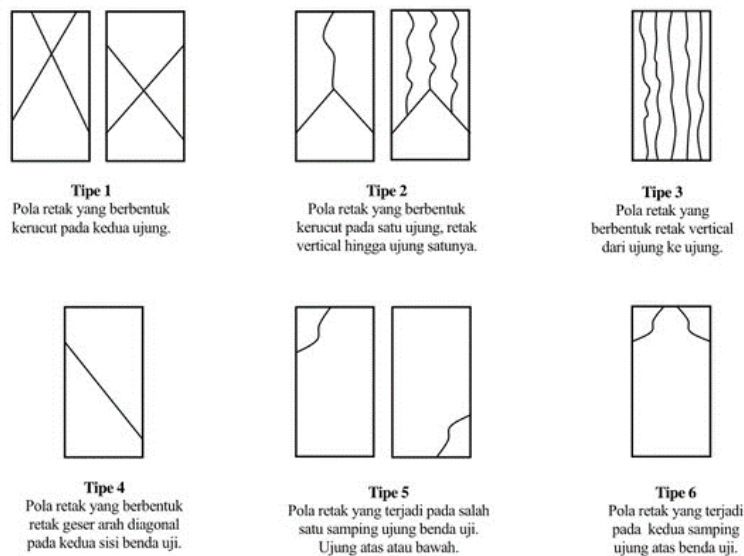
beton AS6CK8 dan AS6CK10 dikarenakan adanya pengurangan abu sekam padi 2% dengan cangkang kerang yang sama.

Ditinjau dari nilai kuat tekan pada usia 7, 14 hingga 28 hari, nilai kuat semua benda uji mengalami kenaikan rata-rata sekitar 1-6%. Pada umur 7 ke 14 hari nilai kuat tekan AS0CK0 mengalami kenaikan sebesar 0,38%, sedangkan pada umur 14 ke 28 hari mengalami kenaikan sebesar 4,76%. Beton AS4CK8 pada umur 7 ke 14 hari mengalami kenaikan sebesar 2,06%, sedangkan pada umur 14 ke 28 hari mengalami kenaikan sebesar 4%. Beton AS4CK10 pada umur 7 ke 14 hari mengalami kenaikan sebesar 2%, sedangkan pada umur 14 ke 28 hari mengalami kenaikan sebesar 3,72%. Pada umur 7 ke 14 hari beton AS6CK8 mengalami kenaikan sebesar 1,58%, sedangkan pada umur 14 ke 28 hari mengalami kenaikan sebesar 4,1%. Pada umur 7 ke 14 hari beton AS6CK10 mengalami kenaikan sebesar 3,66%, sedangkan pada umur 14 ke 28 hari mengalami kenaikan 2,89%. Perkembangan kenaikan kuat tekan rata-rata 1%-6% dan kenaikannya cukup signifikan.

Kenaikan kuat tekan beton disebabkan unsur kimia pada abu sekam padi yaitu silika sebagai *filler* pada rongga-rongga beton dan cangkang kerang yaitu kapur sebagai pengikat dan menambahkan nilai kuat tekan beton.

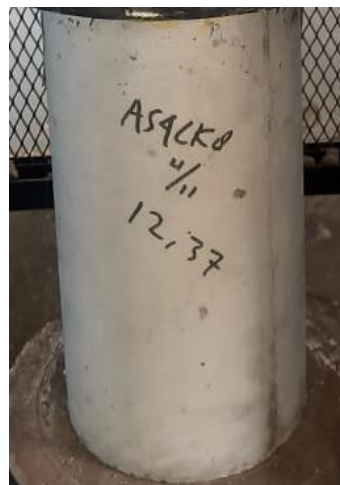
4.4.2 Tipe Retakan Silinder Beton Saat Uji Kuat Tekan

Berdasarkan ASTM C39 retakan silinder beton dibedakan menjadi 6 tipe seperti pada Gambar 4.18.



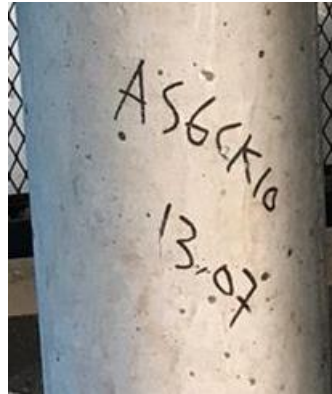
Gambar 4.18 Tipe Retakan Silinder Beton

- Tipe 1 : Pola Retak Kerucut (*Cone*) menunjukkan bahwa pembebanan pada benda uji terdistribusi secara merata.
- Tipe 2 : Pola Retak Kerucut dan Pecah (*Cone and Split*) menunjukkan bahwa pada saat pembuatan benda uji adukan / agregat kasar tidak homogen sehingga pembebanan tidak terdistribusi secara merata.
- Tipe 3 : Pola Retak *Columnar* menunjukkan bahwa bisa terjadi akibat pembebanan terdistribusi secara tidak merata disebabkan karena adanya kotoran pada *Compression Testing Machine* atau permukaan benda uji tidak rata.
- Tipe 4 : Pola Retak Geser (*Shear*) menunjukkan bahwa pada saat pengujian pembebanan yang diberikan oleh *Compression Testing Machine* tidak merata. Apabila hasil uji kuat tekan pada benda uji banyak yang seperti ini maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap *Compression Testing Machine*.
- Tipe 5 & 6 : Pola Retak Diujung Silinder menunjukkan bahwa benda uji pada saat *capping* (perataan permukaan bagian atas atau bawah pada silinder beton menggunakan belerang) tidak rata.



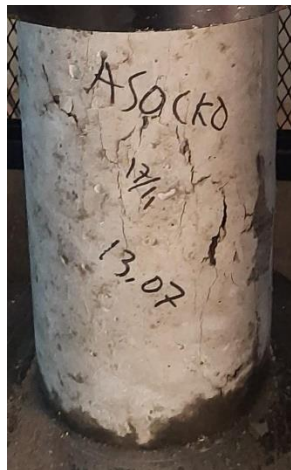
Gambar 4.19 Retakan Silinder Beton Tipe 5

Gambar 4.19 merupakan benda uji AS4CK8 menghasilkan nilai kuat tekan yang paling rendah di antara beton abu sekam padi dan cangkang kerang, dengan pola retak yang terjadi yaitu tipe 5. Hal ini disebabkan pada saat *capping* tidak rata sehingga penyebaran pembebanan tidak terdistribusi secara merata.



Gambar 4.20 Retakan Silinder Beton Tipe 1

Gambar 4.20 merupakan benda uji AS6CK10 menghasilkan nilai kuat tekan paling tinggi di antara beton tanpa abu sekam dan cangkang kerang maupun beton abu sekam dan cangkang kerang yang artinya pembebanan benda uji terdistribusi secara merata.



Gambar 4.21 Retakan Silinder Beton Tipe 3

Gambar 4.21 merupakan benda uji ASOCK0 menghasilkan nilai kuat tekan lebih rendah 2,34% dari beton AS6CK10, dengan pola retak yang terjadi yaitu tipe 3. Hal ini disebabkan karena adanya kotoran pada *Compression Testing Machine* atau permukaan benda uji tidak rata. Rata-rata pola retak yang terjadi pada semua benda uji terjadi pada tipe 3, 5 dan 6 yang disebabkan pada saat *capping* tidak rata dan adanya kotoran pada *Compression Testing Machine* sehingga penyebaran pembebanan tidak terdistribusi secara merata.

4.5 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 4.6 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Rata-Rata

| Nama Benda Uji | Uji Kuat Tarik Belah Usia 28 hari (MPa) |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| AS0CK0 | 2,48 |
| AS4CK8 | 2,18 |
| AS4CK10 | 2,13 |
| AS6CK8 | 2,24 |
| AS6CK10 | 2,38 |

Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan di PT. Varia Usaha Beton. Hasil uji kuat tarik belah diuraikan pada Tabel 4.6. Data pengujian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran. Dari Tabel 4.6 menunjukkan nilai kuat tarik belah tertinggi pada umur 28 hari terdapat pada benda uji AS6CK10 sebesar 2,38 MPa. Beton AS0CK0 menghasilkan nilai kuat tarik belah sebesar 2,48 MPa lebih tinggi 0,1% dari benda uji AS6CK10. Beton AS4CK8 mengalami nilai kuat tarik belah lebih rendah sebesar 0,3% dibanding beton tanpa abu sekam padi dan cangkang kerang. Nilai kuat tarik belah beton AS4CK10 lebih rendah sebesar 0,05% dari AS4CK8, sedangkan beton AS6CK8 lebih tinggi sebesar 0,14% dari beton AS4CK10. Nilai kuat tarik belah menurun dikarenakan adanya senyawa kimia pada cangkang kerang yaitu CaO (Kapur), sedangkan nilai kuat tarik belah meningkat dikarenakan abu sekam padi yang memiliki kandungan senyawa kimia silika tinggi.

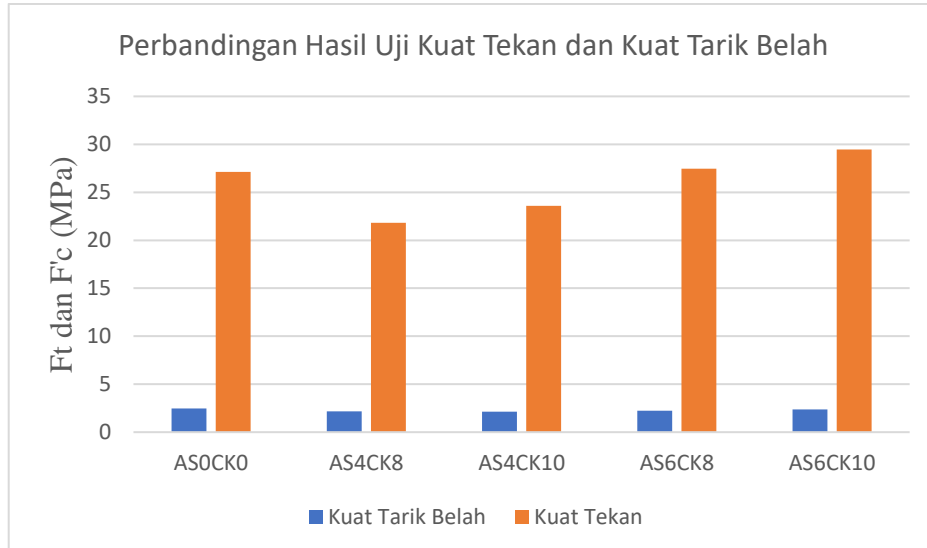
4.4.3 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

Nilai kuat tekan beton dan kuat tarik belah tidak berbanding lurus, suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik belah beton normal hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya (Zuraidah dkk, 2018). Hasil perhitungan rasio nilai kuat tekan dan kuat tarik belah umur 28 hari diuraikan pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.21 untuk grafik perbandingan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah umur 28 hari.

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

| Nama Benda Uji | f_t (MPa) | f'_c (MPa) | Rasio $\frac{f_t}{f'_c}$ (%) |
|----------------|----------------|-----------------|---------------------------------|
| AS0CK0 | 2,48 | 27,12 | 9,1 |
| AS4CK8 | 2,18 | 21,82 | 10 |
| AS4CK10 | 2,13 | 23,59 | 9 |
| AS6CK8 | 2,24 | 27,46 | 8,1 |
| AS6CK10 | 2,38 | 29,46 | 8 |

Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.21 dapat diketahui bahwa hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton umur 28 hari pada beton AS4CK8 mendapatkan nilai rasio tertinggi sebesar 10%, lebih tinggi 1% dari beton tanpa abu sekam padi dan cangkang kerang. Sedangkan untuk variasi AS4CK10, AS6CK8 dan AS6CK10 mendapatkan nilai sebesar 9%, 8,1%, 8%. Dari hasil yang diperoleh untuk variasi AS0CK0, AS4CK8, dan AS4CK10 memenuhi antara 9%-15%, sedangkan untuk variasi AS6CK8 dan AS6CK10 tidak memenuhi antara 9%-15%. Bahwa abu sekam diatas 4% tidak menghasilkan nilai kuat tarik belah yang tinggi.



Gambar 4.22 Perbandingan Hasil Uji Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Umur 28 Hari

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan beton campuran abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Abu sekam padi dan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) memiliki pengaruh terhadap kuat tekan dikarenakan kandungan silika sebagai *filler* dan kapur sebagai pengikat sehingga menghasilkan kuat tekan yang optimum. Hasil uji kuat tarik belah menggunakan campuran abu sekam padi dan cangkang kerang kurang maksimum dalam kemampuan menahan gaya tarik.
2. Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh kuat tekan tertinggi pada beton campuran AS6CK10 sebesar 29,46 MPa. Dari semua benda uji, abu sekam prosentase 6% dan cangkang kerang 10% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dikarenakan kandungan senyawa kimia pada cangkang kerang yaitu CaO (Kapur) sebagai pengikat.
3. Pada pengujian kuat tarik belah umur 28 hari diperoleh nilai kuat tarik belah tertinggi pada beton AS0CK0 sebesar 2,48 MPa. Nilai kuat tarik belah tertinggi pada beton campuran abu sekam padi dan cangkang kerang terdapat pada beton AS6CK10 sebesar 2,38 MPa.

5.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan serta pembahasan yang telah diuraikan, untuk penelitian yang akan datang, penyusun memberikan saran yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya lebih memperhatikan *time schedule* pengujian material, persiapan material, pembuatan benda uji hingga pengujian agar tepat waktu.
2. Lebih teliti dalam *capping* beton serta pembuatan benda uji.
3. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti selanjutnya untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan menggunakan FAS serta variasi prosentase campuran AS dan CK yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Jakarta
- Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2000) . SNI 03-2384-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03-2491-1991. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2002). SNI 03-6826-2002. *Metode Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2002). SNI 03-6827-2002. *Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland Dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Pekerjaan Sipil*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Jakarta.
- Badan Standar Nasional. (2013). SNI 2847:2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Hariyanto, et. all. (2020). *Kinetika Reaksi Pembentukan Kalsium Fosfat dari Asam Fosfat dan Cangkang Kerang Darah*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.<https://media.neliti.com/media/publications/366569-none-301446ee.pdf>
Diakses pada 2 Oktober 2023.
- Heldita, Dina. (2018). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil, Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang, Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas)*. Kalimantan Selatan. Program Studi Teknik Sipil Politeknik Kotabaru.
<https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/viewFile/799/570>. Diakses 2 Oktober 2023.

- Irawan, D. dan Khatulistiani, U. 2021. *Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal*. Axial Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, Vol. 9, No. 1, hal. 061-070.
- Ningsih, W. (2021). *Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Campuran Beton*. Pekanbaru: Universitas Islam Riau. <https://repository.uir.ac.id/9561/>. Diakses 2 Oktober 2023.
- Direktorat Jenderal Ciptakarya. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung.
- Ilmiah, Rihnatul. (2017). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Pozzolan Pada Binder Geopolimer Menggunakan Alkali Aktifator Sodium Silikat (Na_2SiO_3) Serta Sodium Hidroksida (NaOH)*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Safarizki, et. all. (2021). *Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal*. Universitas Sebelas Maret. <https://jurnal.uns.ac.id/jrrs/article/download/42978/30287/>. Diakses 2 Oktober 2023.
- Sarah, Siti Mai. (2016). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dan Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Wahyuningtias, A. dan Khatulistiani, U. 2021. *Kekuatan Paving Block Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Kapur*. Axial Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, Vol. 9, No. 2, hal. 125-132.
- Zuraidah, et. all. (2018). *Penggunaan Serat Polypropylene Dari Limbah Strapping Band Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan*. Universitas Dr Soetomo Surabaya. <http://repository.widyakartika.ac.id/615/1/A02-Safrin.pdf>. Diakses 10 November 2023.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
HASIL UJI MATERIAL SEMEN

Tabel 1.1 Hasil Uji Konsistensi Normal Semen

a) Konsistensi Normal Semen

| No. | Semen (gr) | AS | CK | Kadar Air (cc) | Penurunan Jarum Tiap 30 Detik (mm) |
|-----|------------|----|----|----------------|------------------------------------|
| 1. | 250 | - | - | 70 | 8 |
| 2. | 250 | - | - | 75 | 10 |
| 3. | 250 | - | - | 80 | 15 |

Kadar air penurunan jarum 10 mm ditentukan menggunakan regresi linier, diperoleh:

Kadar air = 74 mm

$$\begin{aligned}\text{Konsistensi Normal} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \\ &= \frac{74}{250} \times 100\% = 29,6\%\end{aligned}$$

b) Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 8%

| No | Semen (gr) | AS (gr) | CK (gr) | Kadar Air (cc) | Penurunan Jarum Tiap 30 Detik (mm) |
|----|------------|---------|---------|----------------|------------------------------------|
| 1. | 220 | 10 | 20 | 70 | 15 |
| 2. | 220 | 10 | 20 | 75 | 12 |
| 3. | 220 | 10 | 20 | 68 | 10 |

Kadar air penurunan jarum 10 mm ditentukan menggunakan regresi linier, diperoleh:

Kadar air = 68 mm

$$\begin{aligned}\text{Konsistensi Normal} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \\ &= \frac{68}{220} \times 100\% = 31\%\end{aligned}$$

c) Konsistensi Normal Semen + AS 4% + CK 10%

| No | Semen (gr) | AS (gr) | CK (gr) | Kadar Air (cc) | Penurunan Jarum Tiap 30 Detik (mm) |
|----|------------|---------|---------|----------------|------------------------------------|
| 1. | 215 | 10 | 25 | 70 | 15 |
| 2. | 215 | 10 | 25 | 68 | 12 |
| 3. | 215 | 10 | 25 | 65 | 10 |

Kadar air penurunan jarum 10 mm ditentukan menggunakan regresi linier, diperoleh:

Kadar air = 65 mm

$$\begin{aligned} \text{Konsistensi Normal} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \\ &= \frac{65}{215} \times 100\% = 30\% \end{aligned}$$

d) Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 8%

| No | Semen (gr) | AS (gr) | CK (gr) | Kadar Air (cc) | Penurunan Jarum Tiap 30 Detik (mm) |
|----|------------|---------|---------|----------------|------------------------------------|
| 1. | 215 | 15 | 20 | 65 | 8 |
| 2. | 215 | 15 | 20 | 68 | 15 |
| 3. | 215 | 15 | 20 | 70 | 16 |

Kadar air penurunan jarum 10 mm ditentukan menggunakan regresi linier, diperoleh:

Kadar air = 65,7 mm

$$\begin{aligned} \text{Konsistensi Normal} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \\ &= \frac{65,7}{215} \times 100\% = 30,5\% \end{aligned}$$

e) Konsistensi Normal Semen + AS 6% + CK 10%

| No | Semen (gr) | AS (gr) | CK (gr) | Kadar Air (cc) | Penurunan Jarum Tiap 30 Detik (mm) |
|----|------------|---------|---------|----------------|------------------------------------|
| 1. | 210 | 15 | 25 | 65 | 5 |
| 2. | 210 | 15 | 25 | 68 | 16 |
| 3. | 210 | 15 | 25 | 70 | 20 |

Kadar air penurunan jarum 10 mm ditentukan menggunakan regresi linier, diperoleh:

Kadar air = 66 mm

$$\begin{aligned} \text{Konsistensi Normal} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{semen}} \times 100\% \\ &= \frac{66}{210} \times 100\% = 31\% \end{aligned}$$

Tabel 1.2 Hasil Uji Waktu Mengikat dan Mengeras Semen

a) Waktu Mengikat dan Mengeras Semen

| Semen | | |
|--------------|-------------------------|----------------|
| No | Waktu Penurunan (Menit) | Penurunan (mm) |
| 1 | 45 | 42 |
| 2 | 60 | 39 |
| 3 | 75 | 27 |
| 4 | 90 | 17 |
| 5 | 105 | 6 |
| 6 | 120 | 1 |
| 7 | 135 | 0.5 |
| 8 | 150 | 0.3 |
| 9 | 165 | 0.15 |
| 10 | 180 | 0.15 |
| 11 | 195 | 0 |

b) Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 8%

| Semen + AS 4% + CK 8% | | |
|------------------------------|-------------------------|----------------|
| No | Waktu Penurunan (Menit) | Penurunan (mm) |
| 1 | 45 | 39 |
| 2 | 60 | 30,5 |
| 3 | 75 | 17,0 |
| 4 | 90 | 14 |
| 5 | 105 | 5,0 |
| 6 | 120 | 1 |
| 7 | 135 | 0.5 |
| 8 | 150 | 0 |

c) Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 4% + CK 10%

| Semen + AS 4% + CK 10% | | |
|-------------------------------|-------------------------|----------------|
| No | Waktu Penurunan (Menit) | Penurunan (mm) |
| 1 | 45 | 39 |
| 2 | 60 | 39 |
| 3 | 75 | 37 |
| 4 | 90 | 28 |
| 5 | 105 | 22 |
| 6 | 120 | 4 |
| 7 | 135 | 0.5 |
| 8 | 150 | 0 |

d) Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 8%

| Semen + AS 6% + CK 8% | | |
|------------------------------|-------------------------|----------------|
| No | Waktu Penurunan (Menit) | Penurunan (mm) |
| 1 | 45 | 41 |
| 2 | 60 | 39 |
| 3 | 75 | 37 |
| 4 | 90 | 30 |
| 5 | 105 | 25 |
| 6 | 120 | 5 |
| 7 | 135 | 1 |
| 8 | 150 | 0 |

e) Waktu Mengikat dan Mengeras Semen + AS 6% + CK 10%

| Semen + AS 6% + CK 10% | | |
|-------------------------------|-------------------------|----------------|
| No | Waktu Penurunan (Menit) | Penurunan (mm) |
| 1 | 45 | 40 |
| 2 | 60 | 38 |
| 3 | 75 | 26 |
| 4 | 90 | 17 |
| 5 | 105 | 6 |
| 6 | 120 | 3 |
| 7 | 135 | 2 |
| 8 | 150 | 0 |

Tabel 1.3 Hasil Uji Berat Volume Semen

| BERAT VOLUME SEMEN | | |
|----------------------------|-------------------------|----------------|
| Pengujian Nomor | Tanpa Rojokan | Dengan Rojokan |
| Berat Silinder (A) | 0,9 | 0,9 |
| Berat Silinder + Semen (B) | 1,96 | 1,94 |
| Berat Semen (B-A) | 1,06 | 1,04 |
| Volume Silinder | 1 | 1 |
| Berat Volume | 1,05 gr/cm ³ | |

$$\text{Berat Volume Semen} = \frac{(B+A)}{V}$$

$$\text{Tanpa Rojokan : Berat Volume Semen} = \frac{1,06}{1} = 1,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dengan Rojokan : Berat Volume Semen} = \frac{1,04}{1} = 1,04 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Volume Rata-Rata : } \frac{1,06+1,04}{2} = 1,05 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 1.4 Hasil Uji Berat Jenis Semen

| Pengujian Nomor | 1 |
|--------------------------------------|----------|
| Berat Semen(A) | 250 |
| Berat Labu + Semen+ Minyak Tanah (B) | 764 |
| Berat Labu + Minyak Tanah (C) | 578 |
| Berat Jenis Semen | 3,12 |

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8$$

$$= \frac{250}{250-(764-578)} \times 0,8 = 3,12 \text{ gr/cm}^3$$

LAMPIRAN 2
HASIL UJI MATERIAL AGREGAT HALUS

Tabel 2.1 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

| Pengujian | 1 |
|------------------------------|----------|
| Berat Pasir SSD (A) | 500 |
| Berat Labu + Pasir + Air (B) | 465 |
| Berat Labu + Air (C) | 775 |
| Berat Jenis Pasir | 2,63 |

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Pasir} &= \frac{A}{A-B+C} \\ &= \frac{500}{500-465+775} = 2,63 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 2.2 Hasil Uji Berat Volume Pasir

| Pengujian Nomor | Tanpa Rojokan | Dengan Rojokan |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Berat Silinder (A) | 4,705 | 4,705 |
| Berat Silinder + Pasir (B) | 14,34 | 12,5 |
| Berat Pasir (B - A) | 9,635 | 7,795 |
| Volume Silinder (V) | 5 | 5 |
| Berat Volume (B - A)/V | 1,93 | 1,56 |
| Berat Volume Rata-Rata | 1,7 gr/cm ³ | |

$$\text{Berat Volume Pasir} : \frac{(B-A)}{V}$$

$$\text{Tanpa Rojokan: Berat Volume Pasir} = \frac{(14,34-4,705)}{5} = 1,93 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dengan Rojokan: Berat Volume Pasir} = \frac{(12,5-4,705)}{5} = 1,56 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Volume Rata-Rata} = \frac{1,93+1,56}{2} = 1,7 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 2.3 Hasil Uji Resapan Air Pasir

| Pengujian | 1 |
|----------------------|----------|
| Berat Pasir SSD | 500 |
| Berat Pasir Oven (A) | 490 |
| Resapan (%) | 2,04 |

$$\begin{aligned} \text{Resapan Air Pasir} &= \frac{500-A}{A} \times 100 \\ &= \frac{500-490}{490} \times 100 = 2,04\% \end{aligned}$$

Tabel 2.4 Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir

| Pengujian | 1 |
|-------------------|-----|
| Tinggi Lumpur (h) | 0,1 |
| Tinggi Pasir (H) | 6 |
| Kadar Lumpur (%) | 1,7 |

$$\begin{aligned} \text{Kadar Lumpur Pasir} &= \frac{h}{H} \times 100 \\ &= \frac{0,1}{6} \times 100 = 1,7\% \end{aligned}$$

Tabel 2.5 Hasil Uji Kadar Air Pasir

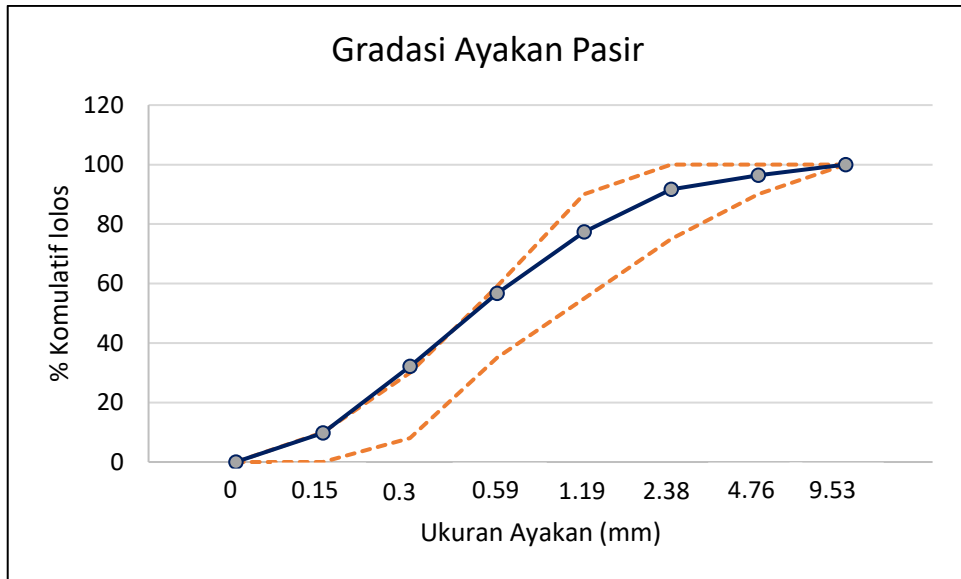
| Pengujian Nomor | 1 |
|----------------------|------|
| Berat Pasir Asli (B) | 1000 |
| Berat Pasir Oven (A) | 970 |
| Kadar Air Pasir (%) | 3,1 |

$$\text{Kadar Air Pasir} = \frac{B-A}{A} \times 100 = \frac{1000-970}{970} \times 100 = 3,1\%$$

Tabel 2.6 Hasil Uji Gradasi Pasir

| Ukuran Saringan | Tertinggal di Saringan | | % Kumulatif | |
|-----------------|------------------------|------|-------------|-------|
| | gram | % | Tertinggal | Lolos |
| 4,76 | 36 | 3,6 | 12,30 | 96,4 |
| 2,38 | 47 | 4,7 | 19,10 | 91,7 |
| 1,19 | 144 | 14,4 | 31,20 | 77,3 |
| 0,59 | 206 | 20,6 | 47,90 | 56,7 |
| 0,29 | 246 | 24,6 | 64,40 | 31,1 |
| 0,15 | 223 | 22,3 | 85,10 | 9,8 |
| Pan | 98 | 9,8 | 100 | 0 |
| Jumlah | 1000 | 100 | 336 | 364 |
| | Modulus kehalusan = | | 3,36 | |

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\% \text{kumulatif tertinggal}}{100} = \frac{336}{100} = 3,36$$



Diperoleh zona gradasi 2

LAMPIRAN 3
HASIL UJI MATERIAL AGREGAT KASAR

Tabel 3.1 Hasil Uji Berat Jenis Batu Pecah

| Pengujian | 1 |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Berat Batu Pecah SSD di Udara (A) | 1000 |
| Berat Batu Pecah di Air (B) | 630 |
| Berat Jenis Batu Pecah | 2.70 gr/cm ³ |

$$\text{Berat Jenis Batu Pecah} = \frac{A}{A-B} = \frac{1000}{1000-630} = 2,70 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 3.2 Hasil Uji Berat Volume Batu Pecah

| Pengujian | Tanpa Rojokan | Dengan Rojokan |
|---------------------------------|---------------|----------------|
| Berat Silinder (A) | 9,44 | 9,44 |
| Berat Silinder + Batu Pecah (B) | 27,4 | 29,1 |
| Berat Batu Pecah (B - A) | 17,96 | 19,66 |
| Volume Silinder (V) | 10 | 10 |
| Berat Volume (B-A)/V | 1,80 | 1,97 |
| Berat Volume Rata-Rata | 1,9 kg/lit | |

$$\text{Berat Volume Batu Pecah} = \frac{B-A}{V}$$

$$\text{Tanpa Rojokan: Berat Volume Batu Pecah} = \frac{17,96}{10} = 1,80 \text{ kg/lit}$$

$$\text{Dengan Rojokan: Berat Volume Batu Pecah} = \frac{19,66}{10} = 1,94 \text{ kg/lit}$$

$$\text{Berat Volume Rata-Rata} : \frac{1,80+1,97}{2} = 1,9 \text{ kg/lit}$$

Tabel 3.3 Hasil Uji Resapan Batu Pecah

| Pengujian Nomor | 1 |
|---------------------------|-------|
| Berat Batu Pecah SSD | 500 |
| Berat Batu Pecah Oven (A) | 493,5 |
| Resapan Batu Pecah | 1,32% |

$$\text{Resapan Batu Pecah} = \frac{500-A}{A} \times 100\%$$

$$= \frac{500-493,5}{493,5} \times 100\% = 1,32\%$$

Tabel 3.4 Hasil Uji Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur Dengan Cara Kering

| Pengujian Nomor | 1 |
|------------------------------------|----------|
| Berat Batu Pecah Kering (B) | 1000 |
| Berat Batu Pecah Bersih Kering (A) | 998 |
| Kadar Lumpur Batu Pecah | 0,20% |

$$\begin{aligned}\text{Kadar Lumpur Batu Pecah} &= \frac{B-A}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1000-998}{998} \times 100\% = 0,20\%\end{aligned}$$

Tabel 3.5 Hasil Uji Kadar Air Batu Pecah

| Pengujian Nomor | 1 |
|---------------------------|----------|
| Berat Batu Pecah Asli (A) | 1000 |
| Berat Batu Pecah Oven (B) | 990 |
| Kadar Air Batu Pecah | 1,01% |

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air Batu Pecah} &= \frac{A-B}{B} \times 100 \\ &= \frac{1000-990}{990} \times 100 = 1,01\%\end{aligned}$$

Tabel 3.6 Hasil Uji Keausan Batu Pecah Dengan Mesin Los Angeles

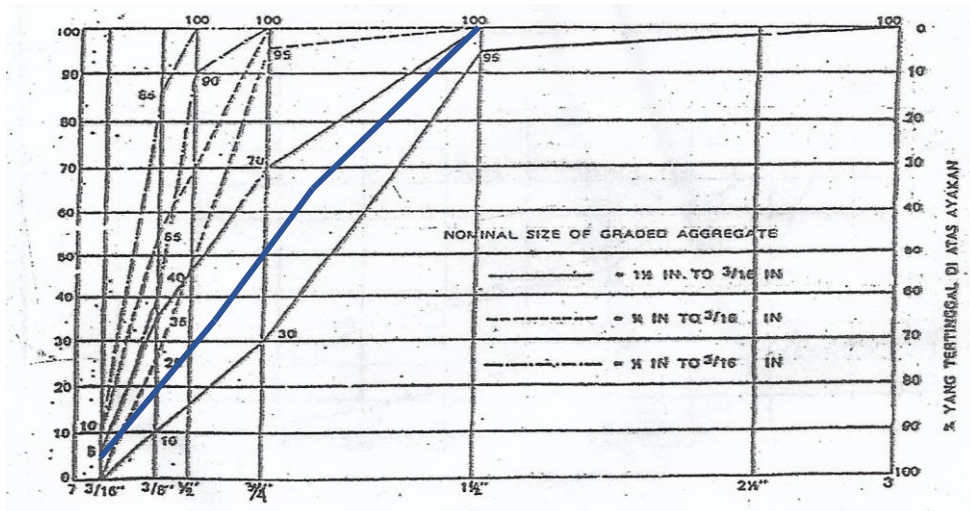
| Pengujian Nomor | 1 |
|-------------------------------------|----------|
| Berat Batu Pecah Sebelum Abrasi (A) | 5000 |
| Berat Batu Pecah Setelah Abrasi (B) | 4070 |
| Keausan Batu Pecah | 18,60% |

$$\begin{aligned}\text{Keausan Batu Pecah} &= \frac{A-B}{A} \times 100 \\ &= \frac{5000-4070}{5000} \times 100 = 18,60\%\end{aligned}$$

Tabel 3.7 Hasil Uji Analisa Saringan Batu Pecah

| Ukuran Saringan | | Tertinggal di Saringan | | % Kumulatif | |
|-----------------|-------|------------------------|--------|-------------|--------|
| No | mm | Gram | % | Tertinggal | Lolos |
| 3" | 76,2 | 0 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 1/2" | 38,1 | 759 | 2,11 | 2,11 | 97,89 |
| 3/4" | 19,05 | 10650 | 29,58 | 31,69 | 68,31 |
| 3/8" | 9,53 | 12590 | 34,97 | 66,66 | 33,34 |
| 4 | 4,76 | 11000 | 30,56 | 97,22 | 2,78 |
| 8 | 2,38 | 1001 | 2,78 | 100,00 | 0,00 |
| 16 | 1,19 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 30 | 0,59 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 50 | 0,29 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 100 | 0,15 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| Pan | | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| Jumlah | | 36000 | 100,00 | 698 | |
| | | Modulus Kehalusan = | | 6,98 | |

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\%Kumulatif\ tertinggal}{100} = \frac{698}{100} = 6,98$$



LAMPIRAN 4

HASIL UJI MATERIAL ABU SEKAM PADI DAN CANGKANG KERANG

Tabel 4.1 Hasil Uji Berat Jenis Abu Sekam Padi

| Pengujian Nomor | 1 |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Berat Abu Sekam Padi (A) | 250 |
| Berat Labu Takar | 190 |
| Berat Labu Takar + Minyak (C) | 590 |
| Berat Labu Takar + Minyak +AS (B) | 720 |
| Berat Jenis | 1,67 gr/cm ³ |

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Abu Sekam Padi} &= \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8 \\ &= \frac{250}{250-(720-590)} \times 0,8 = 1,67 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil Uji Berat Volume Abu Sekam Padi

| Pengujian Nomor | Tanpa Rojokan | Dengan Rojokan |
|-------------------------|-------------------------|----------------|
| Berat Silinder (A) | 3935 | 3935 |
| Berat Silinder + AS (B) | 4958 | 4920 |
| Berat AS (B - A) | 1023 | 985 |
| Volume Silinder (V) | 1000 | 1000 |
| Berat Volume (B - A)/V | 1,023 | 0,985 |
| Berat Volume Rata-Rata | 1,00 gr/cm ³ | |

$$\text{Berat Volume Abu Sekam Padi} = \frac{(B-A)}{V}$$

$$\text{Tanpa Rojokan: Berat Volume} = \frac{1023}{1000} = 1,023 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dengan Rojokan: Berat Volume} = \frac{985}{1000} = 0,985 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Volume Rata-Rata} = \frac{1,023+0,985}{2} = 1,00 \text{ gr/cm}^3$$

Tabel 4.3 Hasil Uji Berat Jenis Cangkang Kerang

| Pengujian Nomor | 1 |
|------------------------------------|------------------------|
| Berat Cangkang Kerang (A) | 250 |
| Berat Labu Takar | 190 |
| Berat Labu Takar + Minyak (C) | 578 |
| Berat Labu Takar + Minyak + CK (B) | 744 |
| Berat Jenis | 2,4 gr/cm ³ |

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Cangkang Kerang} &= \frac{A}{A-(B-C)} \times 0,8 \\ &= \frac{250}{250-(744-578)} \times 0,8 = 2,4 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil Uji Berat Volume Cangkang Kerang

| Pengujian Nomor | Tanpa Rojokan | Dengan Rojokan |
|-------------------------|-------------------------|----------------|
| Berat Silinder (A) | 3935 | 3935 |
| Berat Silinder + CK (B) | 4990 | 4785 |
| Berat CK (B - A) | 1055 | 850 |
| Volume Silinder (V) | 1000 | 1000 |
| Berat Volume (B - A)/V | 1,055 | 1,00 |
| Berat Volume Rata-Rata | 1,03 gr/cm ³ | |

$$\text{Berat Volume Cangkang Kerang} = \frac{(B-A)}{V}$$

$$\text{Tanpa Rojokan: Berat Volume} = \frac{(4990-3935)}{1000} = 1,055 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Dengan Rojokan: Berat Volume} = \frac{(4785-3935)}{1000} = 1,00 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Volume Rata-Rata} = \frac{1,055+1,00}{2} = 1,03 \text{ gr/cm}^3$$

LAMPIRAN 5
HASIL UJI KUAT TEKAN

Rumus kuat tekan beton:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

Dimana, $f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang silinder (mm²)

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times (3,14) \times (150)^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

Tabel 5.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton AS0CK0

| No | Tipe Benda Uji | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks, P (N) | Luas Penampang (mm ²) | Kuat Tekan Hancur $f'c$ (N/mm ²) | Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²) | |
|----|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 1. | AS0CK0 | 17-Nov-23 | 24-Nov-23 | 7 | 395000 | 17662,5 | 22,36 | 21,99 | |
| | | | | | 380000 | 17662,5 | 21,51 | | |
| | | | | | 390000 | 17662,5 | 22,08 | | |
| | | | | 1-Des-2023 | 14 | 424000 | 17662,5 | 24,01 | 22,36 |
| | | | | | 395000 | 17662,5 | 22,36 | | |
| | | | | | 366000 | 17662,5 | 20,72 | | |
| | | | | 15-Des-2023 | 28 | 478000 | 17662,5 | 27,06 | 27,12 |
| | | | | | 434000 | 17662,5 | 24,57 | | |
| | | | 525000 | 17662,5 | 29,72 | | | | |

Tabel 5.2 Hasil Uji Kuat Tekan Beton AS4CK8

| No | Tipe Benda Uji | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks, P (N) | Luas Penampang (mm ²) | Kuat Tekan Hancur f'_c (N/mm ²) | Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²) | |
|----|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 2. | AS4CK8 | 17-Nov-23 | 24-Nov-23 | 7 | 288000 | 17662,5 | 16,31 | 15,76 | |
| | | | | | 278000 | 17662,5 | 15,74 | | |
| | | | | | 269000 | 17662,5 | 15,23 | | |
| | | | | 1-Des-2023 | 14 | 275000 | 17662,5 | 15,57 | 17,82 |
| | | | | | 270000 | 17662,5 | 15,29 | | |
| | | | | | 399000 | 17662,5 | 22,59 | | |
| | | | | 15-Des-2023 | 28 | 412000 | 17662,5 | 23,33 | 21,82 |
| | | | | | 363000 | 17662,5 | 20,55 | | |
| | | | 381000 | 17662,5 | 21,57 | | | | |

Tabel 5.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton AS4CK10

| No | Tipe Benda Uji | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks, P (N) | Luas Penampang (mm ²) | Kuat Tekan Hancur f'_c (N/mm ²) | Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²) | |
|----|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 3. | AS4CK10 | 20-Nov-23 | 27-Nov-23 | 7 | 352000 | 17662,5 | 19,93 | 17,87 | |
| | | | | | 300000 | 17662,5 | 16,99 | | |
| | | | | | 295000 | 17662,5 | 16,70 | | |
| | | | | 4-Des-2023 | 14 | 366000 | 17662,5 | 20,72 | 19,87 |
| | | | | | 362000 | 17662,5 | 20,50 | | |
| | | | | | 325000 | 17662,5 | 18,40 | | |
| | | | | 18-Des-2023 | 28 | 397000 | 17662,5 | 22,48 | 23,59 |
| | | | | | 425000 | 17662,5 | 24,06 | | |
| | | | 428000 | 17662,5 | 24,23 | | | | |

Tabel 5.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton AS6CK8

| No | Tipe Benda Uji | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks, P (N) | Luas Penampang (mm ²) | Kuat Tekan Hancur $f'c$ (N/mm ²) | Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²) | |
|----|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 4. | AS6CK8 | 20-Nov-23 | 27-Nov-23 | 7 | 394000 | 17662,5 | 22,31 | 21,78 | |
| | | | | | 375000 | 17662,5 | 21,23 | | |
| | | | | | 385000 | 17662,5 | 21,80 | | |
| | | | | 4-Des-2023 | 14 | 421000 | 17662,5 | 23,84 | 23,36 |
| | | | | | 412000 | 17662,5 | 23,33 | | |
| | | | | | 405000 | 17662,5 | 22,93 | | |
| | | | | 18-Des-2023 | 28 | 440000 | 17662,5 | 24,91 | 27,46 |
| | | | | | 536000 | 17662,5 | 30,35 | | |
| | | | 479000 | 17662,5 | 27,12 | | | | |

Tabel 5.5 Hasil Uji Kuat Tekan Beton AS6CK10

| No | Tipe Benda Uji | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks, P (N) | Luas Penampang (mm ²) | Kuat Tekan Hancur $f'c$ (N/mm ²) | Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm ²) | |
|----|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| 5. | AS6CK10 | 20-Nov-23 | 27-Nov-23 | 7 | 371000 | 17662,5 | 21,00 | 22,91 | |
| | | | | | 399000 | 17662,5 | 22,59 | | |
| | | | | | 444000 | 17662,5 | 25,14 | | |
| | | | | 4-Des-2023 | 14 | 478000 | 17662,5 | 27,06 | 26,57 |
| | | | | | 460000 | 17662,5 | 26,04 | | |
| | | | | | 470000 | 17662,5 | 26,61 | | |
| | | | | 18-Des-2023 | 28 | 500000 | 17662,5 | 28,31 | 29,46 |
| | | | | | 600000 | 17662,5 | 33,97 | | |
| | | | 461000 | 17662,5 | 26,10 | | | | |

LAMPIRAN 6
HASIL UJI KUAT TARIK BELAH

Rumus kuat tarik belah beton:

$$f_t = \frac{2P}{\pi L D}$$

Dimana, f_t = kekuatan tarik belah (N/mm²)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

L = panjang silinder (mm)

D = diameter silinder (mm)

Tabel 6.1 Hasil Uji Kuat Tarik Belah

| No | Variasi | Tanggal Cor | Tanggal Uji | Umur Beton (Hari) | Beban Maks (N) | 2P | $\pi L D$ | Kuat Tarik Belah f_t (N/mm ²) | Kuat Tarik Belah Rata-Rata (N/mm ²) |
|----|---------|-------------|-------------|-------------------|----------------|--------|-----------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. | AS0CK0 | 17-Nov-23 | 15-Des-23 | 28 | 178000 | 356000 | 141300 | 2,52 | 2,48 |
| | | | | | 159000 | 318000 | 141300 | 2,25 | |
| | | | | | 188000 | 376000 | 141300 | 2,66 | |
| 2. | AS4CK8 | 17-Nov-23 | 15-Des-23 | 28 | 144000 | 288000 | 141300 | 2,04 | 2,18 |
| | | | | | 148000 | 296000 | 141300 | 2,09 | |
| | | | | | 171000 | 342000 | 141300 | 2,42 | |
| 3. | AS4CK10 | 20-Nov-23 | 18-Des-23 | 28 | 147000 | 294000 | 141300 | 2,08 | 2,13 |
| | | | | | 151000 | 302000 | 141300 | 2,14 | |
| | | | | | 153000 | 306000 | 141300 | 2,17 | |
| 4. | AS6CK8 | 20-Nov-23 | 18-Des-23 | 28 | 160000 | 320000 | 141300 | 2,26 | 2,24 |
| | | | | | 159000 | 318000 | 141300 | 2,25 | |
| | | | | | 155000 | 310000 | 141300 | 2,19 | |
| 5. | AS6CK10 | 20-Nov-23 | 18-Des-23 | 28 | 191000 | 382000 | 141300 | 2,70 | 2,38 |
| | | | | | 144000 | 288000 | 141300 | 2,04 | |
| | | | | | 170000 | 340000 | 141300 | 2,41 | |

LAMPIRAN 7
DOKUMENTASI PELAKSANAAN KEGIATAN PENELITIAN

DOKUMENTASI PENGUJIAN MATERIAL



Pengujian Waktu Mengikat dan Mengeras Semen



Pengujian Berat Jenis Pasir



Pengujian Berat Volume Batu Pecah



Pengujian Berat Jenis Cangkang Kerang



Pengujian Berat Jenis Abu Sekam Padi

DOKUMENTASI PEMBUATAN BENDA UJI



Pencampuran Material Ke Dalam *Mixer*



Pembuatan Beton Segar



Uji Slump



Pencetakan Benda Uji



Penamaan Benda Uji



Pembukaan Silinder Benda Uji



Proses Curing

DOKUMENTASI UJI KUAT TEKAN BETON



AS0CK0



AS4CK8



AS4CK10



AS6CK8



AS6CK10

DOKUMENTASI UJI KUAT TARIK BELAH BETON



AS0CK0



AS4CK8





AS4CK10



AS6CK8





AS6CK10

LAMPIRAN 8
HASIL TES KIMIA SEMEN



CERTIFICATE OF QUALITY (COQ)

PRODUCED BY : TUBAN PLANT

Certificate No : CD202311782 /07/SP

Brand : SprintPro



Date Produce : 01/05/2023
To : 31/05/2023

| QUALITY PARAMETERS | | | | PORTLAND CEMENT TYPE I | | |
|---------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|------------------------|-------------|---------------|
| I. CHEMICAL COMPOSITION : | | | UNIT | TESTING METHOD | TEST RESULT | SPECIFICATION |
| 1 | Silicon Dioxide | SiO ₂ | % | SNI 2049 : 2015 | 19.23 | - |
| 2 | Aluminium Oxide | Al ₂ O ₃ | % | SNI 2049 : 2015 | 5.40 | - |
| 3 | Ferric Oxide | Fe ₂ O ₃ | % | SNI 2049 : 2015 | 3.37 | - |
| 4 | Calcium Oxide | CaO | % | SNI 2049 : 2015 | 64.60 | - |
| 5 | Magnesium Oxide | MgO | % | SNI 2049 : 2015 | 2.16 | max. 6.00 |
| 6 | Sulfur Trioxide | SO ₃ | % | SNI 2049 : 2015 | 2.11 | max. 3.00 |
| 7 | Loss On Ignition | LOI | % | SNI 2049 : 2015 | 2.46 | max. 5.00 |
| 8 | Free Lime | FCaO | % | SNI 2049 : 2015 | 1.38 | - |
| 9 | Insoluble Residue | IR | % | SNI 2049 : 2015 | 0.44 | max. 3.00 |
| 10 | Total Alkali | Na ₂ O + 0.658K ₂ O | % | SNI 2049 : 2015 | 0.45 | max. 0.60 *) |
| II. PHYSICAL PROPERTIES : | | | | | | |
| 1 | Fineness : | | | | | |
| | - Air permeability test with Blaine App. | | m ² /kg | SNI 2049 : 2015 | 346 | min. 280 |
| 2 | Time of setting (Vicat test) : | | | | | |
| | - Initial set | | minutes | SNI 2049 : 2015 | 126 | min. 45 |
| | - Final set | | minutes | SNI 2049 : 2015 | 253 | max. 375 |
| 3 | Compressive strength : | | | | | |
| | - 3 days | | kg/cm ² | SNI 2049 : 2015 | 251 | min. 135 |
| | - 7 days | | kg/cm ² | SNI 2049 : 2015 | 334 | min. 215 |
| | - 28 days | | kg/cm ² | SNI 2049 : 2015 | 457 | min. 300 |
| 4 | Soundness (Autoclave's Method) : | | | | | |
| | - Expansion | | % | SNI 2049 : 2015 | 0.037 | max. 0.80 |
| 5 | False Set, Final penetration | | % | SNI 2049 : 2015 | 63.43 | min. 50 **) |
| 6 | Air content of mortar | | % | SNI 2049 : 2015 | - | max. 12 |
| 7 | Specific gravity | | g/cm ³ | SNI 2049 : 2015 | 3.1226 | - |

We certifying that the cement described above is compliance with specification of SNI 2049:2015 (Type I)

Note :

*) Additional chemical requirements

***) Additional physical requirements

TUBAN , 14-JUL-23



SM OF TUBAN & GRESIK QA

In accordance to the regulation applied in PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk,
all digitally signed documents no longer need manual signature verification

ACCESSED BY :
CHATUR FEBRIANTO, ST



LAMPIRAN 9

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | journal.uny.ac.id Internet Source | 3% |
| 2 | lib.ui.ac.id Internet Source | 3% |
| 3 | journal.uwks.ac.id Internet Source | 2% |
| 4 | 123dok.com Internet Source | 2% |
| 5 | repository.unsri.ac.id Internet Source | 1% |
| 6 | Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper | 1% |
| 7 | repository.its.ac.id Internet Source | 1% |
| 8 | Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper | 1% |
| 9 | erepository.uwks.ac.id Internet Source | 1% |

| | | |
|----|----------------------------------------------------------|------|
| 10 | Submitted to Universitas Pelita Harapan Student Paper | 1 % |
| 11 | jurnal.unismabekasi.ac.id Internet Source | 1 % |
| 12 | id.123dok.com Internet Source | 1 % |
| 13 | Submitted to Sriwijaya University Student Paper | 1 % |
| 14 | ojs.unik-kediri.ac.id Internet Source | <1 % |
| 15 | www.slrc.kyushu-u.ac.jp Internet Source | <1 % |
| 16 | id.scribd.com Internet Source | <1 % |
| 17 | media.neliti.com Internet Source | <1 % |
| 18 | www.jsce.ir Internet Source | <1 % |
| 19 | ejournal.unkhair.ac.id Internet Source | <1 % |
| 20 | jurnal.umj.ac.id Internet Source | <1 % |
| 21 | adoc.pub Internet Source | <1 % |

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

LAMPIRAN 10

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Mirza Imani Putri Tutupoho, Penulis lahir di Surabaya, 17 April 2002, merupakan anak ke 3 dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Persatuan, SDN Wadungasih 2, SMP Muhammadiyah 1 Sidoarjo lulus pada tahun 2017, SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo lulus pada tahun 2020. Setelah lulus, penulis melanjutkan Pendidikan S1 di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya dan terdaftar dengan NPM 20110032. Saat kuliah, Penulis aktif di organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Periode 2021-2022 sebagai Anggota Divisi Rumah Tangga, Periode 2022-2023 sebagai Sekretaris Umum. Penulis mengikuti Lomba Kuat Tekan Beton Tingkat Nasional yang diadakan Universitas Kristen Petra pada tahun 2023, dan berhasil masuk Finalis 10 besar. Penulis lulus dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tahun 2024 dengan judul Tugas Akhir “Pengaruh Abu Sekam Padi dan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Campuran Semen Terhadap Karakteristik Beton”. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan juga bagi penulis sendiri.