

TUGAS AKHIR

VARIASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZAT ADDITIVE
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON



DISUSUN OLEH :

AMIRUDDIN
NIM. 4512041091

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2018



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.B.418/SK/FT/UNIBOS/IX/2018, Tanggal 24 September 2018, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 26 september 2018
Nama : Amiruddin
Nomor Stambuk : 45 12 041 091
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **"VARIASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZAT ADDITIVE SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON"**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex Officio) : Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)
Sekertaris (Ex Officio) : Hijriah, ST. MT. (.....)
Anggota : Ir. Tamrin Mallawangeng. MT (.....)
: Ir. Hj. Satriawati Cangara, M.SP (.....)

Makassar, November 2018

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

(Dr. Ridwan, ST, MSi)
NIDN: 09 101271 01

Ketua Jurusan Sipil
Univ. Bosowa Makassar

(Nst. Hijriah Yuniarti, ST, MT)
NIDN: 09 160682 01



UNIVERSITAS BOSOWA

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452 901/ 452 789
Fax. (0411) 424 568 Website : www.universitasbosowa.ac.id
Makassar-Sulawesi Selatan-indonesia

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR TUGAS AKHIR

JUDUL :

**“VARIASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZAT ADDITIVE
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON”**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : AMIRUDDIN

Stambuk : 45 12 041 091

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil /
Jurusan Sipil Fakultas Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

1. Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman. MT

(.....)

2. Pembimbing II : Hijriah, ST, MT

(.....)

Mengetahui :

Dekan, Fakultas Teknik
Universitas Bosowa Makassar

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Universitas Bosowa Makassar



(Dr. Ridwan, ST, M.Si)
NIDN. 09-101207-01



(Nurhadijah Yunianti, ST, MT)
NIDN. 09-160692-01

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Variasi Penggunaan abu sekam padi dan zat additive superplasticizer terhadap kuat tekan beton*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Saleh Pallu, M. Eng., selaku Rektor Universitas Bosowa;
2. Dr. Ridwan, ST. MSi., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa;
3. Nur Hadijah Yuniarti, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa;
4. Ir. H. Syahrul Sariman, MT. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Hijriah, ST.MT.,selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Ir. Tamrin Mallawangeng, MT., Arman Setiawan, ST. MT. Ir. Hj. Satiawati Cangara, MT. dan Ir. Eka Yuniarto, MT. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Burhanuddin Badrun, MSP., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;

7. Hamdan, ST yang telah membantu memberikan petunjuk dalam pengujian beton;
8. Yang terkhusus kedua orang tua orang tua penulis yang dengan ikhlas memberikan sumbangsih baik secara moril maupun materil.
9. Seluruh teman-teman di Teknik Sipil yang telah banyak membantu dalam kuliah dan proses skripsi;
10. Seluruh Dosen Teknik Sipil dan Teknisi yang telah banyak membimbing selama kuliah;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Makassar, Oktober 2018

Penulis

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Amiruddin
Nomor Stambuk : 45 12 041 091
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Variasi Penggunaan abu sekam padi dan zat additive superplasticizer terhadap kuat tekan beton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak jurusan sipil fakultas teknik universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Oktober 2018
Yang menyatakan



(Amiruddin)

VARIASI PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI DAN ZAT ADDITIVE SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Amiruddin (4512041091)

ABSTRAK

Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi mempunyai kandungan silika yang dominan yaitu sebesar 93 % dan hampir sama kandungan silika yang terdapat pada microsilica buatan pabrik. Dengan sifatnya tersebut apabila dicampurkan kedalam campuran akan memperbaiki karakteristik beton. Dalam penelitian ini abu sekam padi ditambahkan ke dalam adukan beton normal f_c 20 MPa dengan variasi penambahan abu sekam 0%, 25%, 50%, dan 75%, Presentasi berat abu sekam ini diambil berdasarkan berat semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan yang dicapai dari campuran abu sekam padi dalam beton f_c 20 MPa.

Rancangan adukan beton menggunakan adukan standar SK. SNI 03-4433—997 yang berlaku di Indonesia. Benda uji yang dibuat untuk masing-masing penambahan persentase penambahan abu sekam adalah sebanyak 3 sampel, dengan ukuran cetakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.

Kata kunci : Sekam Padi, silika, beton

ABSTRACT

Rice husk is a waste from rice milling which has a dominant silica content of 93% and almost the same silica content found in factory-made microsilica. By its nature when mixed into the mixture will improve the characteristics of the concrete. In this study rice husk ash was added to the normal concrete mixture f_c 20 MPa with variations in the addition of husk ash 0%, 25%, 50%, and 75%, the weight presentation of the husk ash was taken based on the weight of cement. This study aims to determine the value of the compressive strength achieved from the mixture of rice husk ash in concrete f_c 20 MPa. Concrete mix design uses standard SK. SNI 03-4433-997 applicable in Indonesia. The specimens made for each addition of a percentage of chaff ash additives were 3 samples, with a cylinder mold size of 15 cm in diameter with a height of 30 cm.

Keywords: Rice Husk, silica, concrete

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-6
1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan	I-3
1.3.1. Tujuan Penulisan	I-6
1.3.2. Manfaat Penulisan	I-6
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I-7
1.4.1. Pokok Bahasan	I-7
1.4.2. Batasan Masalah	I-7
1.5. Sistematika Penulisan	I-8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Beton	II-1
2.2. Semen Portland	II-2

2.3. Air	II-6
2.4. Agregat	II-7
2.5. Bahan Tambahan	II-12
2.5.1. Definisi dan Klasifikasi	II-13
2.5.2. Standard yang mencakup bahan tambahan	II-15
2.5.3. Penggunaan Bahan Tambahan	II-16
2.5.4. Hal-hal yang harus dihindari dalam penggunaan bahan tambahan	II-16
2.5.5. Air Extrairing Admixture (AEA)	II-18
2.5.6. Pengaruh-pengaruh Air Extrairing Admixture terhadap sifat-sifat beton	II-19
2.5.7. Bahan Tambahan Kimia	II-22
2.5.7.1. Type Bahan Tambahan Kimia	II-22
2.5.7.2. Persyaratan Mutu	II-23
2.5.7.3. Keseragaman dan Kesamaan Komposisi	II-24
2.5.7.4. Water Reducing Admixture – WRA (Type A, Plasticizer)	II-25
2.5.7.5. Retarding Admixture – RA (Type B)	II-28
2.5.7.6. Accelerating Admixture – AA (Type C)	II-29
2.5.7.7. Water Reducing and Retarding Admixture (Type D)	II-31
2.5.7.8. Accelerating and Water Reducing Admixture (Type E)	II-32
2.5.7.9. Water Reducing and High Range Admixture (Type F)	II-35

2.5.7.10. Water Reducing, Hgh Range and Retarding Admixture (Type G)	II-38
2.5.7.11. Superplasticizer	II-38
2.5.8. Bahan Tambahan Mineral	II-41
2.5.8.1. Pozzolan	II-41
2.6. Kuat Desak Beton	II-53
2.7. Persyaratan Keawetan Beton	II-55
2.7.1. Rasio air-semen	II-55
2.7.2. Persiapan Peralatan dan tempat persiapan	II-55
2.7.3. Pencampuran	II-56
2.7.4. Pengecoran	II-57
2.7.5. Perawatan Beton	II-57
2.8. Hasil Penelitian yang pernah dilakukan	II-58
2.8.1. Arif Hidayat (2011)	II-58
2.8.2. Suprasman dan Ermiyati (2006)	II-59
2.8.3. Mohammad Soik in dan Susilo (2016)	II-59
2.8.4. sri Raharja, Sholihin As'ad dan sunarmasto (2013)	II-60
2.8.5. Khairul Lakum. C (2009)	II-62
2.9. Bahan dan Alat	II-63
2.9.1. Kebutuhan Bahan	II-63
2.9.2. Kebutuhan Alat	II-63
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Bagan alir penelitian.....	III-1
3.2. Referensi pengujian.....	III-1
3.3. Variabel penelitian.....	III-1

3.4. Notasi dan jumlah sampel	III-1
3.5. Metode analisis.....	III-1

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Material	IV-1
4.2. Perencanaan Campuran Beton	IV-5
4.2.1. Perencanaan Campuran Beton Normal	IV-5
4.2.2. Perencanaan Campuran Beton Abu Sekam Padi (ASP)	IV-6
4.3. Pengujian Slump Test	IV-7
4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton	IV-8
4.4.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	IV-8
4.4.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Abu Sekam Padi	IV-9

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. kesimpulan	V-I
5.2. Saran	V-I

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Susunan Oxida semen Portland	II-3
Tabel 2.2	Empat senyawa dari semen Portland	II-3
Tabel 2.3	Jenis-jenis semen Portland menurut ASTM C.150	II-5
Tabel 2.4	Ukuran aggregate minimum	II-21
Tabel 2.5	Sifat-sifat fisik dan kimia yang distandarkan	II-43
Tabel 2.6	Komposisi kimia abu sekam	II-46
Tabel 2.7	Standar mutu arang aktif	II-52
Tabel 3.1	Teori Pengujian Material dan Bahan Variasi Abu Sekam Padi (ASP) dan Superplasticizer	III-2
Tabel 3.2	Variabel Penelelitan variasi penggunaan abu sekam padi dan zat additive superplasticizer terhadap kuat tekan beton	III-3
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir) ..	IV-2
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 1-2)...	IV-3
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 2-3)...	IV-4
Tabel 4.4	Data hasil perhitungan mix design beton normal 20 Mpa..	IV-5
Tabel 4.5	Data perhitungan mix design	IV-6
Tabel 4.6	Komposisi campuran beton geopolimer 1 silinder	IV-7

Tabel 4.7 Pengujian Slump Test Beton Normal IV-7

Tabel 4.8 Kekuatan Tekan Beton Variasi Abu Sekam Padi IV-9

Tabel 4.9 Kekuatan Tekan Beton Variasi Abu Sekam Padi IV-10



DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|--------------------|--|
| Lampiran 1 | Rekapitulasi hasil pemeriksaan aggregate halus (pasir) |
| Lampiran 2 | Rekapitulasi hasil pemeriksaan aggregate kasar (kerikil) |
| Lampiran 3 | Analisa saringan aggregate halus (pasir) |
| Lampiran 4 | Analisa saringan aggregate kasar (batu pecah 1-2 cm) |
| Lampiran 5 | Analisa saringan aggregate kasar (batu pecah 2-3 cm) |
| Lampiran 6 | Gradasi penggabungan aggregate (combined) |
| Lampiran 7 | Pemeriksaan berat jenis aggregate halus (pasir) |
| Lampiran 8 | Pemeriksaan berat jenis aggregate kasar
(batu pecah 1-2 cm) |
| Lampiran 9 | Pemeriksaan berat jenis aggregate kasar
(batu pecah 2-3 cm) |
| Lampiran 10 | Pemeriksaan bobot isi aggregate halus (pasir) |
| Lampiran 11 | Pemeriksaan berat isi (batu pecah 1-2 cm) |
| Lampiran 12 | Pemeriksaan berat isi (batu pecah 2-3 cm) |
| Lampiran 13 | Pemeriksaan jumlah bahan yang lolos saringan 200 |
| Lampiran 14 | Pemeriksaan kadar air (pasir) |
| Lampiran 15 | Pemeriksaan kadar air (batu pecah) |
| Lampiran 16 | Rancang campuran beton |
| Lampiran 17 | Kekuatan tekan beton |
| Lampiran 18 | Hasil kuat tekan beton variasi abu sekam padi (silinder) |

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pengaruh penambahan admixture pada beton.....	II-25
Gambar 2.2 Perbandingan kuat tekan beton tanpa admixture dan dengan admixture	II-40

UNIVERSITAS

BOSOWA

DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
MPa	= Megapascal
ASTM	= American Society for Testing and Material
AEA	= Air Entraining Admixture
WRA	= Water Reducing Admixture
f_c	= Kuat tekan benda uji
f_{cr}	= Kuat tekan rata-rata pada perencanaan campuran beton
f_{ck}	= Kuat tekan karakteristik beton
f_{cm}	= Kuat tekan rata-rata beton
n	= jumlah pengujian
S	= Standar deviasi
f_{ci}	= Nilai hasil uji
V	= Volume benda uji
D	= Diameter benda uji
t	= tinggi benda uji
PC	= Portland cement
BP	= Batu pecah
W	= Rasio total berat air
f_{as}	= Faktor air semen, rasio berat air dan semen
P	= Beban maksimum yang dapat ditahan benda uji
A	= Luas tampang benda uji
t	= Tinggi benda uji selinder
E_c	= Modulus elastis
ASP	= Abu sekam Padi
SiO_2	= Silika
MgO	= Magnesia
SO_3	= Sulfur
C3S	= Trikalsium Silikat
C2S	= Dikalsium silikat
C3A	= Tricalcium Alumate
C4Af	= Teracalsium Aluminoforit
CN	= Beton Normal
CSP	= Beton Normal campuran Superplasticizer
CASP1	= Beton normal campuran Superplasticizer dan ASP pengganti semen 25%
CASP2	= Beton normal campuran Superplasticizer dan ASP pengganti semen 50%
CASP3	= Beton normal campuran Superplasticizer dan ASP pengganti semen 75%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Padi merupakan produk utama pertanian di negara-negara agraris, termasuk Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi beras terbesar di dunia. Sebagian besar penduduk Indonesia mengkonsumsi beras sebagai makanan pokok. Konsumsi beras Indonesia yang tinggi menuntut tingkat produksi beras yang besar pula. Produksi padi di Indonesia bertambah setiap tahunnya, pada tahun 2005 produksi padi Indonesia sebanyak 54 juta ton, pada tahun 2006 meningkat sebesar 54,45 juta ton kemudian secara berturut-turut produksi padi Indonesia dari tahun 2007 – 2011 adalah 57,15; 60,33; 64,40 dan 66,41 juta ton gabah kering giling (GKG) (Puslitbang 2012).

Produksi padi menghasilkan limbah yang disebut dengan sekam. Pada umumnya penggilingan padi menghasilkan 72 % beras, 5 – 8 % dedak, dan 20 – 22 % sekam (Prasad, dkk., 2001). Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi. Jika produksi gabah kering giling (GKG) menurut press release Badan Pusat Statistik 1 November 2005 sekitar 54 juta ton maka jumlah sekam yang dihasilkan lebih dari 10,8 juta ton, dan bertambah di tiap tahunnya.

Selama ini, pemanfaatan limbah sekam padi di Indonesia sangat terbatas pada produk-produk yang tidak bernilai ekonomi tinggi, antara lain sebagai media tanaman hias, pembakaran untuk memasak, pembakaran bata merah, alas pada ayam/ternak petelur, dan keperluan lokal yang masih sangat sedikit karena sifatnya yang kamba (bulky),

keras, dan sifat kandungan seratnya yang tidak dapat diolah menjadi produk pakan maupun kertas. Di tempat-tempat penggilingan padi pembuangan sekam kering seringkali menjadi masalah karena perlu tempat penampungan yang luas dan tertutup supaya tidak terbawa angin dan mencemari udara. Cara yang biasa dilakukan untuk mengatasi limbah sekam yaitu membakarnya di tempat terbuka seperti di sawah-sawah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan berupa emisi gas hasil pembakaran seperti CO dan CO₂. Namun bila sekam dimasukkan ke dalam tanah sawah, akan mengganggu pertumbuhan padi karena sekam mengandung lignin dan selulosa yang cukup besar yang tidak dapat langsung terurai di dalam tanah sehingga akan menurunkan produktivitas padi.

Penanganan sekam padi yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Sekam padi mengandung 78 – 80% bahan organik yang mudah menguap (lignin, selulosa, gula) yang jika dibakar akan menghasilkan sisa pembakaran berupa abu sekitar 20 – 22% (Yalçın dan Sevinç, 2001). Krishnarao, dkk., (2001), melaporkan bahwa kandungan abu dalam sekam padi bervariasi dari 13 sampai 29% tergantung dari variasi padi, iklim dan lokasi geografisnya.

Hasil analisis komposisi kimia abu sekam padi menunjukkan kandungan silika (SiO₂) sekitar 90 – 99% dan sejumlah kecil alkali dan logam pengotor (Houston, 1972; Prasad, dkk., 2001). Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500 – 600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Putro, 2007: 33). Komponen Kimia Abu Sekam Padi menurut Wen-

Hwei (1986) dalam Jaya (2002), yaitu SiO_2 86,90 – 97,30; K_2O 0,58 – 2,50; Na_2O 0,00 – 1,75; CaO 0,20 – 1,50; MgO 0,12 – 1,96; Fe_2O_3 0,00 – 0,54; P_2O_5 0,2 – 2,85; SO_3 0,1 – 1,13; C 0,00 – 0,42; dan berdasarkan hasil penelitian Bakri (2009) Al_2O_3 0,37 (dalam %). Silika (SiO_2) merupakan bahan kimia yang pemanfaatannya sangat luas mulai bidang elektronik, mekanik, seni, dan pembuatan senyawa-senyawa kimia, termasuk pembuatan zeolit.

Tingginya kadar silika dalam abu sekam padi memberikan kemungkinan untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan dasar untuk sintesis zeolit. Pada saat ini dikenal adanya 40 macam zeolit alam dan sekurang-kurangnya 160 zeolit buatan. Diantara zeolit buatan, zeolit 4A merupakan zeolit buatan yang dapat dimanfaatkan sebagai penyerap logam berat seperti Pb (II) dan Cu (II). Oleh karena itu zeolit 4A biasa digunakan dalam pengolahan limbah buangan industry yang mengandung logam berat.

Perkembangan industri yang cukup pesat di berbagai negara menyebabkan polusi industri meningkat pula secara signifikan. Oleh karena itu permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius. Hal ini mengakibatkan perlakuan dalam pengolahan limbah industri menjadi topic global karena limbah dari berbagai sumber dapat terakumulasi di tanah atau masuk ke dalam sistem perairan. Logam berat seperti tembaga dan timbal merupakan contoh kontaminan yang memiliki potensi merusak sistem fisiologi manusia dan sistem biologis lainnya jika melewati tingkat toleransi. Logam tembaga banyak dihasilkan antara lain oleh industri pelapisan logam (plating),

pencampuran logam (alloy), baja, pewarna, kabel listrik, insektisida, jaringan pipa, dan cat (Notodarmojo, 2005; Sarkar et al., 2010). Oleh karena itu pemerintah melalui Kep-51/Menlh/10/1995 menetapkan baku mutu limbah cair industri golongan 1 kandungan logam tembaga kurang dari 2 mg/L dan untuk industri plating di bawah 0,6 mg/L. Keberadaan ion Cu dalam limbah industri biasanya disertai dengan ion logam berat lainnya. Dalam limbah industri plating, ion Cu merupakan logam berat dengan konsentrasi terbesar kelima setelah logam Fe, Cr, Sn, dan Zn kemudian diikuti oleh ion logam dengan konsentrasi yang lebih kecil, yaitu Ni, Mn, Pb, Cd, dan Ag (Ventkatiswaran et al., 2007).

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben yang efektif dalam berbagai aplikasi serta paling banyak digunakan dalam proses adsorpsi untuk perlakuan limbah industri cair (Jusoh et al., 2007). Namun, pengambilan ion logam dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif komersial membutuhkan biaya relatif mahal. Karbon aktif juga dapat mengalami penurunan aktivitas sebesar 10 – 15 % selama regenerasi. Selain itu karbon aktif merupakan bahan yang bersifat mudah terbakar (combustible material), sehingga kurang tepat jika diaplikasikan pada suhu tinggi (Yenisoy-Karakas et al., 2004 dalam Zakaria, 2011). Oleh karena itu adsorben yang lebih murah sebagai alternatif bahan baku pembuatan karbon aktif menjadi banyak diminati dan menarik perhatian di kalangan peneliti (Hui et al., 2005). Beberapa penelitian tentang metode adsorpsi telah dilakukan dengan menggunakan material dasar (Zakaria, 2011) diantaranya adalah zeolit (Panayotova, 2001; Pujiastuti & Adi, 2008), abu terbang batubara/fly ash (Bendiyasa et al., 2004), alofan (Herald, dkk.,

2004), lempung (Muhdarina,dkk., 2010), kaolin (Gupta & Bhatthacarayya, 2008; Jiang et al., 2010), Sargassum (Barkhordar & Ghiashheddin, 2004), Neem Sawdust (Vinodhini & Das, 2009).

Berdasarkan pernyataan di atas maka peneliti ingin mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai pengganti semen dan zat aditif superplasticizer terhadap kuat tekan beton mutu $f'c$ 20 MPa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan timbul beberapa masalah yang ada yaitu sebagai berikut :

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan variasi komposisi 0%,25%,50%, dan 75% abu sekam padi sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan variasi komposisi abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen terhadap nilai slump pada campuran beton.

1.3 Tujuan dan Mamfaat Penulisan

1.3.1. Tujuan Penulisan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi dan zat aditif *superplasticizer* (Sikament LN) terhadap kuat tekan beton.
2. Mendapatkan komposisi abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen dan bahan tambah superplasticizer (sikament LN) yang optimum.

1.3.2. mamfaat Penulisan

Adapun mamfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Memamfaatkan limbah penggilingan padi berupa sekam padi sebagai pengganti semen untuk campuran beton
2. Sebagai acuan untuk pembuatan campuran beton normal dengan bahan tambah.

1.4 Pokok bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Bahasan

Pokok bahasan Penelitian ini antara lain:

1. Bahan penelitian : semen type I, aggregate kasar (kerikil), aggregate halus (pasir), air, abu sekam padi dan superplasticizer (sikament LN).
2. Variasi abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen yaitu 25%, 50%, dan 75%
3. Dosis superplasticizer (sikament LN) yang digunakan 250 ml – 300 ml dengan syarat harus mengurangi pemakaian air sebesar 25% dari penggunaan air pada beton normal.

1.4.2. Batasan masalah

Batasan Masalah Penelitian ini antara lain:

1. Kuat tekan beton rencana (f_c) pada umur 28 hari f_c 41.5 MPa atau K-500 kg/cm^2 .
2. Metode Perhitungan menggunakan SNI 03-2847-2002
3. Penelitian ini membandingkan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah *Superplasticizer* (*sikament LN*) dan Abu Sekam Padi sebagai pengganti sebagian semen (PC).

4. Abu Sekam *Padi* sebagai bahan tambah berasal dari sisa pembakaran sekam padi dan persentase variasi Abu Sekam Padi yang disarankan sebesar 25%, 50%, dan 75% dengan penambahan *Superplasticizer* (*Sikament LN*).
5. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 50 silinder beton dengan 5 (lima) variasi yang masing-masing variasi 5 sampel.
6. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan yang dilakukan pada umur 28 hari.

1.5 Sistematika Penulisan

Bab I : Pendahuluan

Pendahuluan terdiri dari latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup dan batasan masalah serta metode penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka memuat uraian sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Bab III : Metode Penelitian

Bagian ini memuat secara rinci dan sedapat mungkin secara kronologis penjelasan tentang prosedur penulisan yang dimulai dengan kerangka pikir/bagan alir penulisan/ penelitian.

Bab IV : Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bagian ini memuat hasil penelitian dan pembahasan yang dapat dipisahkan atau dipadukan. Penyajian hasil penelitian memuat uraian tentang data dan temuan yang diperoleh.

Bab IV : Penutup

Berisi kesimpulan dan saran yang dinyatakan secara terpisah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Beton

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (krikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah \pm 70%-75% dari seluruh beton.

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik.

II.2. Semen Portland (PC)

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang

baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi.

Pada umumnya semen berfungsi untuk:

1. campur dengan untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Sedangkan untuk susunan oksida dari semen portland seperti berikut ini:

Tabel 2.1. Susunan Oksida semen Portland

Oksida	% Rata-rata
Kapur	63
Silika (SiO ₂)	22
Alumina (Al ₂ O ₃)	7
Besi ((Fe ₂ O ₃)	3
Magnesia (MgO)	2
Sulfur (SO ₃)	2

Sumber : Antono, 1995

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland.

Tabel 2.2. Empat senyawa dari semen Portland

Nama Senyawa	Rumus Oksida	Notasi	Kadar Rata-rata
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	50
Dikalsium silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	25
Tricalcium Alumat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	12
Teracalsium Aluminoforit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$	C4Af	8

Sumber : Antono, 1995

Senyawa-senyawa kimia dari semen portland adalah tidak stabil secara termodinamis, sehingga sangat cenderung untuk bereaksi dengan air. Untuk membentuk produk hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap komponen adalah berbeda-beda, maka sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari.

1. *Tricalcium Silikat (C3S) = $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$*

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat yang menyebabkan pengerasan awal, menunjukkan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat air tanah, oleh perubahan volume kemungkinan mengalami retak-retak.

2. *Dikalsium Silikat (C2S) = $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$*

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dan dapat melepaskan panas, kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari pertama.

3. *Tricalcium Alumate (C3A) = 3CaO.Al₂O₃*

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat, senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 hari sampai 28 hari, memiliki ketahanan agresi kimia yang relatif tinggi, penyusutan yang relatif rendah.

4. *Tetracalcium Aluminoforit (C4Af) = 4CaO.Al₂O₃ FeO₃*

Adanya senyawa Aluminoforit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh terhadap kekuatan dan sifat semen.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut:

Tabel 2.3. Jenis-jenis semen Portland menurut ASTM C.150

Jenis semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4Af	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	40	40	9	9	250

Keterangan:

- 1) Jenis I adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khusus misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain-lain.
- 2) Jenis II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok di laut dermaga), dinding tahan tanah tebal dan lain-lain.
- 3) Jenis III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
- 4) Jenis IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada kelas I.
- 5) Jenis V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi.

II.3. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu

sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut ini:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

II.4. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1. Menghemat Penggunaan semen portland.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol workability adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang

mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Persyaratan aggregate halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

- a. Aggregate halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
- b. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal aggregate halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat sedangkan jika dipakai magnesium sulfat.
- c. Aggregate halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus dicuci.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam yaitu:

1. Pasir galian.

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir sungai.

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir laut.

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

1. Agregat normal.

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

2. Agregat berat.

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan.

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ Kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari terkecil antara bidang samping cetakan.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat:

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. agregat harus bersih dari unsur organik.

3. kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat.

II.5. Bahan Tambahan

Dalam praktek pembuatan konstruksi beton, bahan tambahan (admixture) merupakan bahan yang dianggap penting, terutama untuk pembuatan beton didaerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia. Penggunaan bahan tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat beton yang diinginkan. Seperti yang tertulis dalam American Society for Testing and Material (ASTM) C125, bahan tambahan tersebut ditambahkan dalam campuran beton atau

mortar, pada sebelum pencampuran pada batching plant atau sesudah pencampuran. Definisi bahan tambahan ini mempunyai arti luas, yaitu meliputi polimer, fiber, mineral yang mana dengan adanya bahan tambahan ini komposisi beton mempunyai sifat yang berbeda dengan beton aslinya atau beton biasa. Ada beberapa peraturan atau code yang menjelaskan persyaratan (spesifikasi) dari bahan admixture misalnya British Standard (BS) 5070 part 1:1982 yang mencakup tipe admixture. Hal ini juga ditulis dalam American Society for Testing and Material (ASTM) C494-82. Walaupun ada aturan pemakaiannya yang ditulis pada brosur admixture, sebaiknya penggunaan admixture ini didahului dengan percobaan-percobaan yang dilakukan di laboratorium dan di lapangan.

II.5.1. Definisi dan Klasifikasi

Istilah additive dan admixture dapat didengar dan dijumpai pada pembicaraan sehari-hari. Arti additive dan admixture adalah sama yaitu "bahan tambahan". Hanya saja material additive, merupakan bahan tambahan yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, sedangkan admixture bahan tambahan yang ditambahkan pada saat pelaksanaan pembuatan beton di lapangan.

Di pasaran banyak sekali variasi produksi admixture, oleh karena itu penggunaan

1. Tujuan pemakaian Admixture dalam campuran beton adalah untuk meningkatkan :
 - a. Penampilan (Performance)
 - b. Mutu (Quality)

- c. Keawetan (Durability)
 - d. Kemudahan pekerjaan (Workability)
2. Pemakaian Admixture dalam campuran beton harus mendapat persetujuan terlebih dahulu dari Sarjana / Pengawas lapangan / Pemilik proyek dan harus sudah pernah dilakukan percobaan pendahuluan. dari salah satu admixture sebaiknya didahului dengan percobaan.
3. Bahan Tambahan (Admixture) dibagi dalam beberapa kelompok diantaranya :

a. Air Entraining Agent (ASTM C260)

Yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama untuk daerah salju, juga harus memenuhi SNI 03 – 2496 – 1991.

b. Admixture Kimia (Bahan Tambahan Kimia), ASTM C49 dan BS 5075

Yaitu bahan tambahan cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (mempercepat atau memperlambat), mereduksi kebutuhan air, memudahkan pengerjaan beton (meningkatkan slump) dan sebagainya.

c. Mineral Admixture (Bahan Tambahan Mineral)

Bahan tambahan mineral ini merupakan bahan padat yang dihaluskan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar beton mudah dikerjakan dan kekuatan serta keawetannya meningkat. Bahan-bahan tambahan mineral seperti :

- 1) Pozzolan
- 2) Slag
- 3) Fly Ash (Abuterbang)
- 4) Abu sekam
- 5) Silika Fume

d. Bahan Tambahan Lainnya (Miscellaneous admixture)

Yang termasuk kategori bahan tambahan ini ialah semua bahan tambahan yang tidak termasuk kategori diatas, seperti :

- 1) Polymer
- 2) Fiber Mash
- 3) Bahan pencegah karatan
- 4) Bahan tambahan yang dapat mengembang
- 5) Bahan tambahan untuk perekat (bonding admixture)

II.5.2. Standard Yang Mencakup Bahan Tambahan

Beberapa negara seperti Amerika, Inggris, dan Indonesia telah mengatur persyaratan dan petunjuk penggunaannya. Misalnya Inggris dengan BS 5075 part 1:1985, mengatur persyaratan dari beberapa tipe admixture (tabel 1) Amerika C494-82 mengatur masalah tersebut sesuai dengan ASTM C494-82 (tabel 2). Khusus Superplastizer diatur dalam BS 5075 part 1:1985 (tabel3).

Secara umum juga ditampilkan tabel mengenai standard-standart di Amerika, Inggris, Jerman, yang menyangkut masalah admixture ini dapat dilihat pada tabel 4. Dari Technical Report no. 18 dari Concrete Society di Inggris, didapat tabel petunjuk mengenai garis besar penggunaan admixture-admixture tersebut di atas (tabel 5).

Dengan mengetahui standar dan petunjuk tersebut diharapkan memudahkan para engineer untuk memahami bagaimana penggunaan admixture yang tepat dan efisien.

II.5.3. Penggunaan Bahan Tambahan

Dalam kenyataannya penggunaan bahan tambahan secara luas dipergunakan untuk membuat sifat beton pada kondisi tertentu . penggunaan admixture harus didasarkan alasan-alasan yang tepat misalnya untuk memperbaiki kekecehan beton, penampilan beton bila mengeras, menghemat harga beton, dan memperpanjang waktu pengerasan dan pengikatan dan lain sebagainya. Tetapi yang penting harus dipahami bahwa "bahan tambahan bukan merupakan obat mujarab untuk memperbaiki beton yang jelek dan pembuatan beton yang acak-acakan.

II.5.4. Hal-hal yang harus dihindari dalam penggunaan bahan tambahan

Semua para engineer yang secara rutin bekerja dalam pembuatan beton mempunyai cerita yang menarik mengenai admixture dalam peranannya menghambat waktu pengikatan dan pengerasan atau masalah-masalah yang sulit diduga yang tidak menguntungkan, lagi pula kurangnya pengertian bagaimana interaksi antara admixture dan beton. Untuk mengurangi dan mencegah sesuatu hal yang tidak terduga dalam penggunaan admixture, maka perlu pertimbangan mengenai hal-hal seperti dibawah ini :

- a. Gunakan bahan tambahan (admixture) sesuai dengan spesifikasi dan ASTM (American Society for Testing and Material).

Sebuah pabrik yang mempunyai reputasi baik akan memberikan data-data teknik dari hasil produksinya. Data-data tersebut antara lain :

- 1) Pengaruh pentingnya bahan tambahan pada penampilan beton
 - 2) Pengaruh sampingan yang diakibatkan oleh admixture baik yang positif maupun yang negative
 - 3) Sifat-sifat fisik admixture
 - 4) Konsentrasi dari komposisi bahan yang aktif
 - 5) Adanya bahan kimia yang berpotensi merusak seperti klorida, sulfat, sulfida, posfat, juga nitrat dan amoniak
 - 6) Nilai pH (derajat keasaman)
 - 7) Bahaya yang terjadi terhadap pemakai admixture
 - 8) Kondisi penyimpanan dan batas umur kelayakan
 - 9) Persiapan bahan tambahan dan prosedur pencampuran pada beton
 - 10) Dosis yang dianjurkan pada kondisi tertentu dan akibatnya bila dosisnya berlebihan
- b. Mengikuti petunjuk yang berhubungan dengan dosis, dan melakukan pengujian untuk mengontrol pengaruh yang telah didapat. Khususnya penggunaan bahan yang akan dipakai di lapangan untuk pengujian adalah sangat penting. Pastikan pengaruh admixture terhadap faktor: komposisi semen, sifat agregat, campuran beton dan lamanya pencampuran, temperature dan kondisi perawatannya.

c. Yakinkan ketelitian prosedur yang ditetapkan untuk ketelitian pencampuran admixture. Khususnya penting untuk Air Entraining Admixture (AEA) dan admixture kimia, dimana dosisnya dibawah 0.1% dari berat semen. Dalam kasus seperti ini over dosis dapat dengan mudah terjadi dan akan mengakibatkan kerusakan beton.

II.5.5. Air Entraining Admixture (AEA)

Bahan tambahan jenis air entraining menyebabkan terjadinya gelembunggelembung udara sangat halus (berdiameter 1/100 – 2 mm) dalam beton, yang dapat memperbaiki sifat pengerjaannya (workability), oleh karena gelembung udara bersifat sebagai minyak pelumas dalam beton. Bleeding dapat dikurangi, sedangkan butiran yang besar tidak mudah terpisah dari adukannya. Hal ini menjadi sangat penting apabila beton itu harus diangkut melalui perjalanan yang panjang.

Apabila beton tidak banyak mengandung fraksi halus dalam campurannya, maka sifat pengerjaannya kurang baik, ini dapat diperbaiki dengan menggunakan air entraining agent. Pada umumnya dibutuhkan 3 – 4% udara untuk memperbaiki sifat pengerjaan beton. Overdosis akan mengurangi kekuatan tekan beton.

II.5.6. Pengaruh-pengaruh Air Entraining Admixture terhadap sifat-sifat beton

a. Kekuatan Tekan Beton

AEA pada umumnya meningkatkan kekecehan beton dan memperbaiki workabilitas (kemudahan) pengerjaan beton tapi mengurangi

kekuatan tekan beton. Oleh karena itu penggunaan AEA harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut.

b. Workabilitas Beton (kemudahan pekerjaan)

AEA meningkatkan slump atau memudahkan pekerjaan beton. Dalam praktek 5% air entrained akan menambah 10-50 mm slump.

c. Pengikatan Waktu

Penggunaan AEA tidak ada pengaruh yang berarti pada waktu pengikatan.

d. Bleeding (keluarnya air ke permukaan beton)

AEA mengurangi terjadinya bleeding dalam beton.

e. Perubahan Volume (volume deformation)

AEA tidak berpengaruh pada sifat susut beton. Untuk AEA 6% sifat creep beton tidak berpengaruh juga.

f. Kohesif

Sifat kohesif beton dapat ditingkatkan dengan adanya AEA pada beton, khususnya sangat berarti bila kondisi grading pasir dan agregatnya sangat jelek.

g. Density (berat jenis)

Berat jenis beton akan berkurang langsung dengan adanya AEA pada beton. AEA juga digunakan untuk mendapatkan beton dengan density yang rendah sampai penurunan 500 kg/m.

h. Keawetan Beton (durability)

AEA umumnya meningkatkan keawetan beton, dengan adanya AEA sifat permeable beton berkurang. Penggunaan AEA ini juga

meningkatkan ketahanan terhadap pembekuan dan pencairan garam. Hal ini dapat dicapai dengan cara reaksi pengembangan untuk mengakomodasi pembekuan (ice form) dalam kapilaritas beton. Selain itu juga gelembung-gelembung udara dapat memotong kapilaritas yang menerus (continue capilarity) menjadi kapilaritas yang terpotong (discontinue capilarity) dan akhirnya mengurangi rembesan dan resapan.

i. Pemakaian Air Entraining Admixture

Pada pokoknya penggunaan AEA untuk ketahanan terhadap pembekuan dan pencairan (freeze and resistance). Menurut BS CP110, untuk ketahanan pembekuan (frost resistance), untuk diameter tertentu kadar udara diperlukan seperti pada tabel dibawah ini.

Ukuran diameter agregat minimum, mm	Kadar udara (Air Content), %
40	4 ± 1,5
30	5 ± 1,5
10	5 ± 1,5

Tabel 2.4. Ukuran aggregate minimum

- 1) Digunakan untuk mengurangi bleeding dan meningkatkan kohesi dan workability beton yang mempunyai kondisi bahan yang jelek.
- 2) Mengurangi bleeding, meningkatkan kohesi dan workability agar beton dapat ditransport lewat pipa (pumpable concrete). Dimana tekanan dibawah 5.2 N/mm atau 6 N/mm² atau 60 bar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- 1) Penambahan jumlah pasir dari 35% sampai 40% akan menambah kadar udara 4.5% sampai 5%. Penambahan semen 90 kg/m³ akan mengurangi 1% udara.

- 2) Pengukuran kadar udara sebaiknya teratur (regular), menurut standard yang ada, ASTM atau BS 1881 Part 2.
- 3) Kenaikan temperatur beton akan mengurangi kandungan udara (air content).
- 4) Waktu pencampuran (Mixing) akan mempengaruhi kadar udara (air content).
- 5) Pengikatan beton dapat mengurangi kadar udara sampai 0.5%.

II.5.7. Bahan Tambahan Kimia

II.5.7.1. Type Bahan Tambahan kimia

Ketentuan dan syarat mutu bahan tambahan kimia sesuai dengan ASTM C 494-81 "Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete". Definisi type dan jenis bahan tambahan kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut :

Type A : **Water Reducing Admixture**, adalah bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.

Type B : **Retarding Admixture**, adalah bahan tambahan yang berfungsi menghambat pengikatan beton.

Type C : **Accelerating Admixture**, adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

Type D : **Water Reducing and Retarding Admixture**, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton

dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.

Type E : **Water Reducing and Accelerating Admixture**, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.

Type F : **Water Reducing and High Range Admixture**, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.

Type G : **Water Reducing, High Range and Retarding Admixture**, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

II.5.7.2. Persyaratan Mutu

- a. Beton yang dalam pembuatannya memakai jenis bahan tambahan tersebut diatas, harus memenuhi persyaratan sifat fisik seperti yang tertera dalam standard yang ada, ASTM C 494-81.
- b. Atas permintaan pembeli atau pemakai, produsen bahan tambahan harus menyatakan secara tertulis bahwa bahan yang disediakan untuk suatu pekerjaan beton adalah sama dalam segala hal dengan bahan tambahan yang diujikan untuk persyaratan mutu.

- c. Atas permintaan pembeli atau pemakai, untuk bahan tambahan yang akan dipakai dalam beton pratekan, produsen harus menyatakan secara tertulis bahwa kadar klorida di dalam bahan tambahan itu, dan apakah klorida telah ditambahkan selama pembuatannya.

II.5.7.3. Keseragaman dan kesamaan komposisi

Apabila ditentukan oleh pembeli atau pemakai bahwa perlu dilakukan uji keseragaman dan kesamaan terhadap sejumlah bahan tambahan yang dipasok, maka pengujian dilaksanakan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

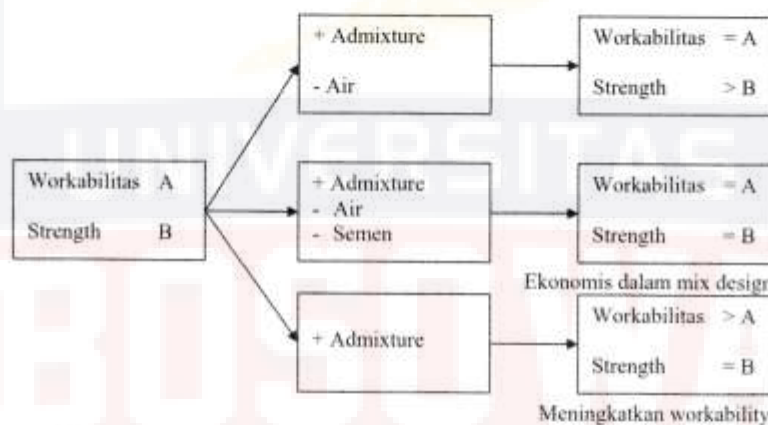
- a. Pengujian dilakukan terhadap contoh awal (initial sample) dan hasil ujiannya dijadikan referensi untuk membandingkan hasil-hasil uji atas contoh yang diambil dari sembarang kumpulan bahan (lot).
- b. Analisa infrared, hasil spektra absorpsi sejauh mungkin harus sama antara contoh awal dan contoh dari suatu lot.
- c. Residu pada pengurangan didalam oven. Bila diuji sesuai dengan ketentuan dari cara pada ASTM C 494-81, maka hasil uji contoh awal dari contoh-contoh yang diambil berikutnya harus berada pada batas variasi :
 - 5% untuk bahan tambahan cairan
 - 4% untuk bahan tambahan bukan cairan
- d. Berat jenis (untuk bahan tambahan cairan)

Berat jenis dari contoh-contoh tidak boleh berbeda terhadap contoh awal sebesar lebih dari 10% dari perbedaan antara berat jenis contoh awal dan berat jenis air suling pada suhu yang sama.

II.5.7.4. Water Reducing Admixture - WRA (Type A, Plasticizer)

a. Fungsi dan kegunaan

Bahan tambahan ini merupakan material organik yang larut dalam air yang dapat mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk mencapai konsistensi tertentu tanpa mempengaruhi kadar udara atau sifat setting dari beton. Secara diagram, fungsi dan pengaruh water reducing admixture dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Pengaruh penambahan admixture pada beton

b. Bahan

Kelompok bahan tambahan yang mengurangi penggunaan air bahan dasarnya adalah :

1. Sulphiteye
2. Albumin Compound
3. Komposisi-komposisi gula
4. Salts of hynosalphonic acids
5. Salts of hydroxy carbonxylic acids
6. Low molecular weight polysochranides (hydroxylated polymer)

c. Mekanisme Kerja Pada Waktu Reducing Admixture

Bahan tambahan water reducing diresap oleh partikel-partikel semen dan karena itu terjadi tolak-menolak diantara partikel dan menghasilkan penyebaran yang merata dari semen. Dan hal ini mengurangi jumlah air yang diperlukan dari pasta semen untuk mencapai konsistensi tertentu.

d. Pengaruh Pada Sifat Beton Dengan Adanya Water Reducing Admixture

Ini tergantung dari : dosis, type semen, type agregat dan grading, mix design proportion, temperatur dan kelembapan. Pada kondisi normal pengurangan air untuk workability yang tetap berkisar antara 8% sampai 12%.

1. Kekuatan Tekan

Tegangan tekan beton bertambah karena adanya pengurangan air, hal ini dikarenakan faktor A/S (Air-Semen) berkurang. penambahan kekuatan diperkirakan $\pm 10\%$.

2. Setting Time

Dengan adanya water reducing admixture, setting time dari campuran beton tidak berubah.

3. Workability

Bila tidak ada perubahan faktor Air Semen (A/S), water reducing menambah workability beton. Untuk slump awal 25-75 mm dapat ditambah dengan 50-60 mm.

4. Loss Slump

Tingkat kecepatan penurunan slump beton yang berisi water

reducing admixture umumnya sama atau lebih besar dari beton biasa. Dimana bila digunakan water reducing admixture (WRA) akan menambah workability dan waktu pencampuran.

5. Air Entrainment

Dengan bahan dasar Lignosulphonate cenderung meningkatkan jumlah kadar udara tapi tidak melampaui 2%. Bahan dasar Salt hydroxycarboxylic dan Polysacharides tidak menambah kadar udara dan bahkan sering mengurangi kadar udara.

6. Panas Hidrasi

Panas hidrasi tidak terpengaruh dengan adanya penggunaan WRA.

7. Perubahan Bentuk

Perubahan bentuk (volume change) tidak terpengaruh dengan adanya WRA.

8. Durability

Durabilitas tidak terpengaruh dengan adanya WRA kecuali airnya dikurangi yang menyebabkan beton lebih padat dan impermeabel.

9. Penggunaan

Penggunaan water reducing admixture bertujuan untuk :

- Pembuatan mutu beton tinggi
- Mempermudah pengecoran dan pemadatan
- Meningkatkan kualitas
- Beton lebih ekonomis

10. Hal-hal yang harus dihindari ialah :

Over dosis, mengakibatkan perlambatan waktu setting yang cukup

lama dan perubahan kadar udara.

II.5.7.5. Retarding Admixture - RA (Type B)

Retarder digunakan karena dapat memperlambat waktu pengikatan beton, sehingga beton dapat diangkut melalui jarak jauh, apabila terdapat gangguan dalam produksi dan pengecoran pada suhu tinggi. Penghambatan pengembangan kekuatan tekan pada umumnya tidak kita kehendaki. Akan tetapi pengurang kecepatan menyebarnya panas hidras adalah menguntungkan karena dapat mencegah timbulnya retak-retak pada bangunan yang sedang melaksanakan pembetonan massal. Kekuatan tekan akhir dapat sedikit bertambah apabila digunakan retarders, akan tetapi sering terjadi pengurangan kekuatan tekan akhir jika penggunaan retarders itu jauh melebihi dosis yang ditetapkan.

Bahan penghambat yang terdapat di pasaran biasanya menggunakan gula sebagai bahan dasarnya. Jika menggunakan retarders jenis ini sebaiknya jangan melebihi dosis yang disyaratkan. Bilamana memakai dosis yang jauh melampaui batas maka beton yang menggunakan bahan jenis penghambat ini tidak pernah akan mengikat. Sifat-sifat lain seperti kekedapan terhadap air dan penyusutan pada umumnya tidak dipengaruhi secara negatif, jika menggunakan bahan penghambat. Bahan penghambat biasanya digunakan bila pada waktu melaksanakan pembetonan dalam cuaca panas, waktu pengikatan semen dipercepat akibat suhu tinggi. Disamping itu bahan penghambat

digunakan juga ditempat pembuatan beton tua dan beton muda setelah terjadi penghentian pengecoran.

Efek penghambatan seringkali digabungkan dengan "air entraining" serta perbaikan sifat pengerjaan atau keduanya.

II.5.7.6. Accelerating Admixture - AA (Type C)

Jenis bahan tambahan ini mempercepat waktu hidrasi dari semen. Beton yang menggunakan accelerators lebih cepat mengikat serta mencapai kekuatannya. Pada umumnya kita tidak memerlukan waktu pengikatan beton yang cepat. Waktu pengikatan yang cepat hanya diperlukan kalau kita perlu menutup bocor dalam bangunan, yang harus menahan tekanan air dalam segala arah. Jenis Ultra Rapid Accelerators seperti "water-glass" sangat menguntungkan oleh karena jenis ini menyebabkan pengikatan beton dengan segera.

Dibawah ini akan dibahas beberapa macam accelerators :

a. Calcium chloride

CaCl_2 bekerja sebagai katalisator dalam hidrasi C_3S dan C_2S . Hal yang kurang menguntungkan apabila menggunakan CaCl_2 sebagai accelerators ialah CaCl_2 bahwa dapat menyebabkan berkaratnya tulangan dalam beton. Untuk mencegah hal ini beton itu harus bermutu baik, tidak berpori, dipadatkan dengan baik pula. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah : Gunakanlah $< 1,5\%$ CaCl_2

Gunakanlah $< 1,5\%$ CaCl_2 Buatlah beton yang padat serta yang dipadatkan dengan baik pula Berilah lapisan penutup beton yang cukup tebal Tidak diijinkan menggunakan CaCl_2 dalam beton pratekan Dengan

menggunakan 1,5% CaCl_2 dalam beton akan didapat penambahan kekuatan sebesar 30% dalam 3 hari dan 20% dalam 28 hari pada suhu 70°F

Pada umumnya accelerators tidak boleh digunakan dalam pembetonan masal, oleh karena dapat menyebabkan retak-retak akibat panas hidrasi yang menjalar dengan cepat.

b. Aluminium Chlorida

Aluminium Chlorida merupakan accelerators yang kuat. Dengan menambahkan 1% Aluminium chlorida dalam beton, maka kekuatan tekannya pada umur satu hari dapat dinaikkan menjadi 50 – 170%.

c. Natrium Sulfat

Natrium Sulfat mempercepat pengerasan semen dan tidak menyebabkan berkaratnya tulangan beton. Bahan tambahan ini dianjurkan untuk digunakan bersama (dalam kombinasi) dengan CaCl_2 .

d. Aluminium Sulfat

Dengan menggunakan jenis accelerators Aluminium Sulfat, dapat dicapai penambahan kekuatan 20 – 50% untuk beton berumur 1 hari.

II.5.7.7. Water Reducing and Retarding Admixture (Type D)

a. Fungsi

Bahan tambahan penghambat pengikatan adalah cairan kimia yang menghambat waktu pengikatan dari semen.

b. Bahan

Bahan dasar kimia dari Retarding Admixture (RA) adalah Salt of Lignosulphonic acids, salt of hydroxycarboxylic acids, low molekuler weight polysaccharides, salt of boric acid, salt of phosphoric acid. Bahan dasar kimia RA hampir sama dengan WRA, hanya dosisnya agak lebih sedikit.

c. Mekanisme

Seperti pada WRA normal, bahan kimianya diserap oleh partikel

semen sehingga melapisi permukaan partikel semen sehingga perubahan sifat dari lapisan beton memperlambat penetrasi kedalaman semen dan hasilnya memperlambat perkembangan reaksi hidrasi.

d. Pengaruh pada Sifat Beton

Pengaruh dari RA tergantung dari : dosis, type semen, mix propotion, penambahan waktu pengikatan dan agregat serta gradingnya.

1. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan awal beton berkurang dengan adanya bahan tambahan kimia retarder tersebut. Perpanjangan atau penundaan waktu pengikatan tersebut berkaitan dengan penundaan kekuatan tekan beton. Untuk umur lebih dari 3 hari kekuatan beton sama dengan campuran beton normal. Kemungkinan kekuatan beton umur 28 hari lebih besar 10% bila airnya dikurangi. Untuk beton dengan retarding admixture kekuatan beton 10% lebih tinggi pada umur 7 hari dan 5% lebih tinggi dari beton normal pada umur 28 hari.

2. Setting Time

Retarder menghambat setting time beton.

II.5.7.8. Accelerating and Water Reducing Admixture (Type E)

a. Fungsi

Accelerating admixture merupakan bahan kimia organik yang larut dalam air dan meningkatkan tingkat reaksi antara semen dan air, dengan

demikian percepatan pengikatan dan pengembangan kekuatan akan meningkat. Accelerating water reducing admixture juga berkaitan dengan sifat water reducing.

b. Bahan

Hampir semua accelerator berbahan dasar kalsium klorida atau kalsium format. Namun penggunaannya dibatasi hanya pada beton tanpa tulangan saja, karena berpotensi mempengaruhi korosi pada tulangan.

c. Mekanisme

Kekuatan awal beton merupakan akibat dari hidrasi trikalsium silikat (CS) dan trikalsium aluminat (C₃A) dari semen portland. Saat mencampur dengan air CS mengeras dengan cepat, baik C₃S dan C₃A sama-sama menghasilkan panas. Accelerator meningkatkan tingkat hidrasi dan dengan cara demikian memberikan evolusi panas awal dan pengembangan kekuatan. Accelerator tidak menekan titik beku air dan tidak menunjukkan sebagai anti beku.

d. Pengaruh Pada Sifat Beton

Pengaruh admixture accelerator tergantung pada : dosis, type semen, perbandingan campuran, temperature, dan agregat serta gradingnya.

1. Kekuatan

Pada saat accelerator mencapai peningkatan kekuatan awal beton, pengaruh kekuatan beton dapat diabaikan. Jika bahan water reducing dicampur accelerator, keuntungan kekuatan beton jangka panjang akan didapat berhubungan langsung dengan penurunan rasio Air-Semen (A/S).

Untuk admixture accelerator, BS 5075 part I mensyaratkan suatu peningkatan kuat tekan melebihi campuran biasa lebih kurang 25% pada umur 1 hari dan tidak ada penurunan kekuatan pada umur 7 dan 28 hari.

Untuk admixture accelerator water reducing, BS 5075 menyatakan bahwa penambahan kekuatan pada umur 7 dan 28 hari sebesar 10%. Banyak accelerator mencapai keuntungan kekuatan pada umur 1 hari sampai 100% melebihi campuran beton biasa. Biaya yang dicapai dengan menggunakan kalsium format sama dengan menggunakan kalsium klorida. Pengaruh acceleraor dinyatakan pada temperature 5-10°C.

2. Setting Time

Setting time beton yang mengandung acceleraor lebih pendek daripada beton biasa yang tidak mengandung accelerator. Pengaruh kalsium klorida pada setting time lebih besar dari pada kalsium format.

3. Workability

Baik kalsium klorida dan kalsium format memberikan sedikit peningkatan dalam workabilitas. Peningkatan yang lebih besar dalam workabilitas dapat diperoleh dengan kombinasi accelerator dengan bahan water reducing.

4. Air Entrainment

Hampir semua accelerator tidak mengandung derajat air entrainment.

5. Bleeding

Admixture accelerator tidak mempengaruhi bleeding.

6. Panas Hidrasi

Accelerator meningkatkan tingkatan panas yang dihasilkan dan memberikan kenaikan temperature yang lebih besar dari pada campuran bahan biasa. Total panas hidrasi tidak mempengaruhi.

7. Perubahan Volume

Kalsium klorida meningkatkan creep maupun drying shrinkage. Kalsium format meningkatkan drying shrinkage tetapi data yang ada menunjukkan ada sedikit pengaruh pada creep.

8. Durability

Kalsium klorida mempunyai kemampuan memecahkan pasivity alamiah yang diberikan beton dengan menggunakan semen portland, dengan demikian akan memperbesar korosi pada baja atau logam tertanam. Jika kalsium klorida cenderung untuk meningkatkan permeabilitas beton, pengaruh korosif dan kemampuan meningkatkan shrinkage, membuat beton berpotensi pada durabilitas jangka panjang pada beton bertulang.

II.5.7.9. Water Reducing and High Range Admixture (Type F)

Bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi. Superplasticizer adalah zat-zat polymer organik yang dapat larut dalam air yang telah dipersatukan dengan menggunakan proses

polymerisasi yang kompleks untuk menghasilkan molekul-molekul panjang dari massa molecular yang tinggi. Molekul-molekul panjang ini akan membungkus diri mengelilingi partikel semen dan memberikan pengaruh negatif yang tinggi sehingga antar partikel semen akan saling menjauh dan menolak. Hal ini akan menimbulkan pendispersian partikel semen sehingga mengakibatkan keenceran adukan dan meningkatkan workabilitas. Perbaikan workabilitas ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton dengan workability yang tinggi atau menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi.

Bahan ini merupakan sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadi pemisahan (*segregasi/ bleeding*) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, maka bahan ini berguna untuk pencetakan beton di tempat-tempat yang sulit seperti tempat pada penulangan yang rapat. *Superplasticizer* dapat memperbaiki workabilitas namun tidak terpengaruh besar dalam meningkatkan kuat tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan.

Namun kegunaan *superplasticizer* untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. Pengurangan ini tergantung dari kandungan air yang digunakan, dosis dan tipe dari *superplasticizer* yang dipakai. (L.J. Parrot, 1998). *Superplasticizer* tidak akan menjadikan "encer" semua campuran beton dengan sempurna, oleh karenanya campuran harus direncanakan untuk disesuaikan.

Untuk meningkatkan workability campuran beton, penggunaan dosis *superplasticizer* secara normal berkisar antara 1-3 liter tiap 1 meter kubik beton. Larutan *superplasticizer* terdiri dari 40% material aktif. Ketika *superplasticizer* digunakan untuk mengurangi jumlah air, dosis yang digunakan adalah lebih besar, 5 sampai 20 liter tiap 1 meter kubik beton. (Neville, 1995)

Menurut (Edward G Nawy, 1996). *Superplasticizer* dibedakan menjadi 4 jenis:

1. Koondensasi *sulfonat melamin formaldehyde* (SMF) dengan kandungan klorida sebesar 0,005%.
2. *Sulfonat naphthalin formaldehyd* (SNF) dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan.
3. Modifikasi *lignosulfonat* tanpa kandungan klorida.
4. *Carboxyl acrylic ester copolymer*.

Keempat jenis bahan tambahan ini terbuat dari sulfonat organik dan disebut *superplasticizer* karena bahan ini dapat mengurangi air pada campuran beton sementara slump beton bertambah sampai 8 in (208 mm) atau lebih. Bahan-bahan ini digunakan untuk menghasilkan beton "mengalir" tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama.

Jenis SMF dan SNF yang disebut garam sulfonik lebih sering digunakan karena lebih efektif dalam mendispersikan butiran semen, juga mengandung unsur-unsur yang memperlambat pengerasan.

II.5.7.10. Water Reducing, High Range and Retarding Admixture (Type G)

Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan kimia tambahan biasanya dimasukkan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan dengan bahan-bahan utama, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis, karena dosis yang berlebihan akan bisa mengakibatkan menurunnya kinerja beton bahkan lebih ekstrem lagi bisa menimbulkan kerusakan pada beton.

II.5.7.11. Superplasticizer

Admixture (bahan tambah) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI 116R-2000)

a. Pengelompokan Superplasticizer

Penggunaan superplasticizer mulai dikembangkan di Jepang dan Jerman pada tahun 1960-an dan menyusul kemudian di Amerika Serikat pada 1970-an Superplasticizer adalah polimer linear yang mengandung sulfonic acid (asam sulfonat), yang secara umum terbagi menjadi 4 jenis/kelompok:

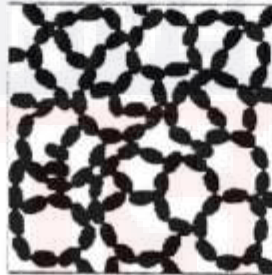


Flocculation



Dispersion

- Sulfonated melamine-formaldehyde condensates (SMF)
- Sulfonated naphthalene-formaldehyde condensates (SNF)
- Modified lignosulfonates (MLS)
- Polycarboxylate derivatives, misal jenis polycarbox ether (PCE)



a) flocculated





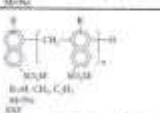

b) dispersed

Partikel dengan gaya ikat permukaan akan mengumpul dan partikel yang tersebar karena efek pengurangan atau penghilangan gaya permukaan

b. Sifat Superplasticizer

Superplasticizer tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah.

c. Komposisi kimia superplasticizer

Class	Origin	Structure (typical repeat unit)	Relative cost
Lignosulphonates	Derived from neutralization, precipitation, and fermentation processes of the waste liquor obtained during production of paper-making pulp from wood		1
Sulphonated melamine formaldehyde (SMF)	Manufactured by normal resinification of melamine - formaldehyde		4
Sulphonated naphthalene formaldehyde (SNF)	Produced from naphthalene by oleum or SO ₃ sulphonation; subsequent reaction with formaldehyde leads to polymerization and the sulphonic acid is neutralized with sodium hydroxide or lime		2
Polycarboxylic ether (PCE)	Free radical mechanism using peroxide initiators is used for polymerization process in these systems		4

Tabel kimia superplasticizer (Rixom and Maivaganam, 2003)

d. Pemamfaatan Superplasticizer

Efek superplasticizer pada beton segar yang dimanfaatkan adalah kemampuannya untuk :

- meningkatkan slump dan workability (slump hingga 23 cm)
- mengurangi pemakaian air
- mengurangi pemakaian semen

Secara umum tujuan yang ingin dicapai dengan penggunaan superplasticizer adalah untuk :

- mencapai posisi pengecoran yang sulit melakukan pemadatan dengan vibrator karena dapat menghasilkan beton segar yang dapat mengalir dengan lebih baik dengan slump hingga 23 cm
- menghasilkan beton mutu tinggi -- dengan mengurangi air sehingga faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen saja yang digunakan

- menghasilkan beton dengan permeabilitas yang lebih rendah (lebih kedap air) -- dengan pengurangan pemakaian air dan kemampuan menyebarkan partikel semen dalam adukan beton segar, dapat menghasilkan kepadatan beton yang lebih baik sehingga lebih kedap air
- menghasilkan beton yang setara mutunya dengan faktor air semen yang lebih kecil, sehingga pemakaian semen menjadi lebih sedikit - namun pemakaian untuk tujuan ini tidak terlalu sering digunakan, karena jumlah semen minimum yang disyaratkan untuk beton tertentu harus dipenuhi

Kemampuan superplasticizer untuk meningkatkan slump beton segar tergantung pada :

- jenis, takaran dan waktu penambahan superplasticizer
- faktor air semen dan jumlah semen yang digunakan dalam adukan beton segar

superplasticizer dapat digunakan untuk hampir semua jenis semen.

Takaran penggunaan superplasticizer harus mengikuti rekomendasi dari produsen, yang dapat dilihat pada brosur teknis atau panduan pemakaian secara umum penggunaannya pada beton normal adalah 1-3 liter per m^3 beton segar untuk tujuan meningkatkan workability (dapat dicampurkan di lokasi proyek sebelum penuangan beton segar)

Penggunaan untuk mengurangi pemakaian air dapat dilakukan dengan takaran 5-20 liter per m^3 beton segar namun hal ini harus

dilakukan di batching plant dengan pengawasan engineer sehubungan dengan penggabungannya dengan bahan tambah yang bersifat retarding -
- yang tujuan utamanya adalah menghasilkan beton mutu tinggi dengan pemakaian semen yang tetap.

e. Efek negatif Superplasticizer

Efek negatif dari penggunaan superplasticizer adalah kehilangan slump yang relatif cepat, sehingga walaupun workability meningkat cukup besar, waktu pengerjaannya menjadi lebih singkat -- dalam waktu sekitar satu jam setelah penambahan superplasticizer, workability-nya akan relatif hilang karena slump loss (kehilangan slump) yang sangat cepat

Slump loss atau kehilangan slump berbeda dengan setting beton, walaupun dalam bahasa praktis di lapangan sering dikatakan bahwa jika ditambah superplasticizer maka waktu setting menjadi lebih cepat -- sebenarnya waktu settingnya tidak menjadi lebih cepat namun karena penurunan nilai slump (kehilangan slump) yang relatif cepat, secara visual dan pengerjaannya menimbulkan kesan bahwa beton sudah mengeras dalam arti memasuki masa setting.

Untuk mengakali efek negatif ini, penambahan superplasticizer dapat dicampurkan sesaat sebelum beton segar dituang di lapangan -- namun perlu sangat diperhatikan takaran/dosis penggunaannya terutama jika penambahan superplasticizer dilakukan setelah beton segar dituang sebagian yang mengakibatkan kesulitan mengetahui sisa beton segar yang masih ada di dalam mobile mixer.

II.5.8. Bahan Tambahan Mineral

II.5.7.1. Pozzolan

a. Definisi

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam membentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal akan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

b. Standar Mutu Pozzolan

Menurut ASTM C 618-86 mutu pozzolan dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas pozzolan yang disebutkan diatas adalah :

Kelas N : Pozzolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomic, opaline cherts dan shales, tuff dan abu vulkanik atau pumicite, dimana biasa diproses melalui pembakaran maupun tidak. Selain itu ada juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara.

Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara.

Sifat fisik yang distandarkan :

	N	C	F
Kehalusan :			
% tertahan ayakan no. 325 (max)	34	34	34
Pozzolan aktivitas indeks dengan PC pada 28 hari (% min)	75	75	75
Kebutuhan air maks % dari kontrol	115	105	105

Sifat kimia yang distandarkan :

	N	C	F
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (% min)	70	50	70
SO ₃ (% maks)	4	5	5
Na ₂ O (% maks)	1.5	1.5	1.5
Kadar kelembaban (% maks)	3	3	3
Loss ignition (% maks)	10	6	12

Tabel 2.5. Sifat-sifat fisik dan kimia yang distandarkan

c. Jenis-jenis pozzolan

Menurut proses pembentukannya (asalnya) didalam ASTM C 593-82, bahan pozzolan dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Pozzolan alam
2. Pozzolan buatan

1) Pozzolan Alam

Pozzolan alam adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sedimentasi.

Keberadaan pozzolan alam di Indonesia banyak di jumpai di daerah dekat pegunungan yang masih aktif seperti di daerah Nagrek (Jawa Barat), Gunung Muria (Jawa Tengah), Gunung Lawu (Jawa Timur), dan daerah lainnya baik di Pulau Jawa, Sumatera Sulawesi. Bahan pozzolan alam itu sendiri sudah lama dikenal di Indonesia sebagai bahan bangunan yang dicampur dengan kapur padam. Hanya saja pengolahannya masih terbatas dan belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu diperlukan teknologi yang lebih maju dalam pengelolaannya.

Pozzolan alam mempunyai mutu, bentuk serta warna yang berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. Karena mutu pozzolan alam tidak sama di setiap tempat, maka untuk mengontrol kualitasnya digunakan standarisasi mutu pozzolan dari ASTM yang terperinci seperti diatas

Sifat pozzolan alam terhadap beton pada dasarnya mirip dengan pozzolan lainnya, yaitu memperlambat waktu setting sehingga kekuatan awal beton rendah, bereaksi dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) sehingga mengurangi kandungan Ca(OH)_2 dalam beton, membuat beton tahan terhadap air laut dan sulfat.

2) Pozzolan Buatan

Pozzolan buatan sebenarnya banyak macamnya, baik merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran, seperti abu terbang (fly ash), abu sekam (rice husk ash), silika fume dan lain-lain.

a. Abu Terbang (Fly Ash)

Fly ash adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batu bara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang dikenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran.

b. Abu Sekam

Sekam padi adalah kulit buah padi berupa lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak, dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Di Indonesia, jumlah sekam dapat mencapai 13,2 juta ton per tahun (Deptan, 2011).

Sekam memiliki Bulk Density (BD) rendah dengan kadar abu tinggi, berkisar 18 sampai 22% (Bharadwaj, Wang, Sridhar, and Arunachalam, 2004). Menurut Houston (1972) sekam padi mengandung 13.2-29.0% bahan inorganik, dimana komponen utama bahan inorganik ini merupakan abu sekam padi yang sebagian besar tersusun dari silika (SiO_2). Hasil analisis komposisi kimia abu sekam padi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2.6. Komposisi kimia abu sekam

Komponen	% Berat
SiO ₂	86.90-97.30
K ₂ O	0.58-2.50
Na ₂ O	0.00-1.75
CaO	0.20-1.50
MgO	0.12-1.96
Fe ₂ O ₃	0.00-0.54
P ₂ O ₅	0.20-2.84
SO ₃	0.10-1.13
Cl	0.00-0.42

Sumber: Houston (1972)

Hasil analisis dari Sardi (2006) menunjukkan bahwa kandungan silika (SiO₂) pada sekam padi memiliki kandungan tertinggi setelah karbon (C). Ketika dibakar sekam tidak mengalami penyusutan sampai suhu 200°C, kemudian menyusut dengan cepat pada suhu 200-400°C, menyusut perlahan pada 400-800°C, dan pada 800°C keatas sudah tidak mengalami penyusutan. Hasil pengamatan Bharadwaj et al. (2004) dalam Pyrolysis of Rice Husk memperlihatkan hasil Scanning Electron Microscopic (SEM)

Penyusun serat adalah silika, sedangkan matrik terdiri dari selulosa dan lignin. Pada Gambar 2 adalah permukaan sekam padi yang dibakar pada suhu 850°C yang menunjukkan pori dan benjolan-benjolan yang cukup banyak.

1. Silika

Silika merupakan istilah yang digunakan untuk campuran satu atom silikon dengan dua atom oksigen. Hurlbut dan Klein (1977) menyatakan bahwa silika (SiO_2) diklasifikasikan kedalam kelas silikat, yaitu masuk dalam kelompok tektosilikat. Silikat merupakan kelas mineral yang sangat besar dan kelompok penting dari mineral. Silika di alam terdapat dalam dua bentuk, yaitu kristalin dan non-kristalin (amorf). Kuarsa merupakan bentuk silika kristalin yang paling umum dan berlimpah dalam sebagian besar jenis batuan, khususnya granit, batu pasir, kuarsit, dan di dalam pasir. Kristobalit dan tridimit ditemukan dalam batuan vulkan. Sementara itu silika non-kristalin (amorf) ditemukan di alam sebagai biogenik silika dan silika gelas yang berasal dari abu vulkan.

Shelke, Bhagade, dan Mandavgane (2010) menyebutkan bahwa silika dapat diperoleh dari sekam padi. Dari hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa silika yang terdapat pada arang sekam merupakan mesoporous silika (berdiameter 2-50 nm), memiliki luas permukaan yang besar dan ukuran partikel yang kecil. Sedangkan menurut Satish (1997) silika pada sekam padi merupakan silika non-kristalin dan sebagian besar memiliki struktur microporous. Silika memiliki berbagai kegunaan, seperti untuk bahan katalis, campuran pada tinta, bahan pengeras beton, komponen deterjen dan sabun, serta sebagai unsur pengeras pada pembuatan batu bata.

Menurut Sardi (2006) silika yang dihasilkan dari abu sekam padi hasil pembakaran merupakan silika amorf. Neethirajan, Gordon, dan

Wang (2009) menyebutkan bahwa akumulasi silika ini biasa disebut phytoliths. Endapan dan penyusunan silika terbentuk oleh evaporasi dan metabolisme air dalam tubuh tanaman. Akumulasi silika terdapat pada sitoplasma dan vakuola pada sel tanaman. Silika pada tanaman memiliki karakteristik membentuk benjolan-benjolan.

Neethirajan et al. (2009) dalam Potential of silica bodies (phytoliths) for nanotechnology menyatakan bahwa silika amorf dapat diperoleh dari pembakaran sekam padi, jerami atau dari kulit luar buah-buahan. Silika amorf pada umumnya berukuran antara 10-30 μm dan adakalanya berukuran sampai 200 μm . Silika pada sekam padi dapat dipecahkan atau dilepaskan di dalam larutan yang mengandung alkohol $[\text{NR}_4]^+ \text{X}^-$, ($\text{R}=\text{Me}, \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), dan secara normal akan membentuk anion octasilicat.

Mengingat komponen arang sekam padi yang mengandung sebagian besar silika dan tersebar secara merata, maka jika silika tersebut dapat dilarutkan diharapkan akan menghasilkan ruang kosong atau pori dalam jumlah besar sehingga luas permukaan yang dihasilkan akan lebih besar. Proses serapan (absorpsi) akan meningkat dengan semakin besarnya luas permukaan karena kontak antar permukaan satu partikel dengan partikel lainnya semakin tinggi (Tan, 1998).

2. Arang Aktif (Activated Carbon)

Arang aktif (Activated Carbon) adalah senyawa hasil pembakaran yang mengandung karbon dan memiliki ruang pori, dimana ruang pori tersebut berukuran sangat kecil (berdimensi atom) dan sulit digambarkan

karena bentuknya sangat beragam. Efektivitas karbon aktif sangat tergantung dengan porositasnya. Pori tersebut terbentuk dari atom karbon yang saling berikatan sehingga membentuk celah diantara ikatan-ikatan tersebut (Marsh dan Fransisco, 2006).

Pada dasarnya seluruh bahan yang mengandung karbon yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau bahan mineral dapat dirubah menjadi arang aktif. Proses pembentukan arang aktif melalui dua tahap yaitu karbonisasi kemudian diikuti tahap aktivasi. Pada tahap karbonisasi akan menghasilkan arang aktif dengan daya absorban rendah, karena ruang pori yang dihasilkan masih kecil. Selain itu juga menghasilkan senyawa tar yang dapat menutup pori. Pada arang aktif berbahan aktif kayu, bahan aktivasi yang sering digunakan antara lain asam fosfat, seng klorida, dan kalium sulfida (Kurniadi dan Hasani, 1996).

Mengolah arang menjadi arang aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori arang agar menjadi luas. Arang aktif disusun oleh atom karbon yang terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal dimana molekulnya berbentuk amorf yaitu merupakan pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon), maka permukaan dan pusat aktif menjadi luas. Hal ini mengakibatkan kemampuan absorben arang aktif juga semakin meningkat (BSN, 2011).

3. Jenis Karbon Aktif

Menurut Manocha (2003) karbon aktif merupakan produk yang kompleks dan sulit untuk diklasifikasikan berdasarkan perilaku, karakteristik permukaan, dan cara pembuatannya. Namun, beberapa klasifikasi secara umum telah dibuat berdasarkan karakteristik fisik karbon aktif.

3.1. Karbon aktif serbuk

Karbon aktif serbuk umumnya diproduksi dari bahan baku yang mempunyai struktur yang lemah. Jenis ini memiliki ukuran rata-rata 15 μm – 25 μm . Belakangan karbon aktif serbuk digunakan pada pengolahan air untuk air minum dan air limbah. Biasanya karbon aktif serbuk digunakan dalam fase cair yang berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan.

3.2. Karbon aktif granul

Jenis ini biasanya diproduksi dari bahan baku yang memiliki struktur keras seperti tempurung kelapa, tulang, dan batubara. Ukuran partikel karbon aktif granul berbeda-beda tergantung pada aplikasinya. Biasanya digunakan untuk proses pada fase gas yang berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, pemisahan, dan pemurnian gas. Untuk aplikasi pada fase gas ukuran granul yang sering digunakan adalah 4 mm – 6 mm.

3.3. Karbon aktif fiber

Karbon aktif fiber memiliki ukuran yang lebih kecil dari karbon aktif serbuk. Sebagian besar memiliki ukuran diameter rata-rata 7 μm – 15 μm .

Aplikasi karbon aktif fiber biasanya digunakan dalam bidang perlakuan udara seperti penangkapan larutan.

3.4. Karbon aktif molecular sieves

Aplikasi utama karbon aktif jenis ini adalah pada proses pemisahan nitrogen dan oksigen dalam udara. Karbon aktif molecular sieves merupakan suatu material yang menarik sebagai model karbon aktif karena memiliki ukuran yang kecil dan seragam.

4. Standar Kualitas Arang Aktif

Kualitas arang aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara pengerjaan, dan ketepatan penggunaannya. Berbagai versi standar kualitas arang aktif telah dibuat oleh negara maju seperti Amerika, Inggris, Korea, Jepang, dan Jerman. Indonesia telah membuat standar mutu arang aktif menurut Standar Industri Indonesia yaitu SII 0258-79 yang direvisi menjadi SNI 06-3730-1995. Meskipun demikian, beberapa industri atau instansi membuat persyaratan sendiri dalam menerima kualitas arang aktif yang ditawarkan. Standar mutu arang aktif yang berkualitas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2.7. Standar mutu arang aktif

Jenis Pengujian	Persyaratan
Kadar Abu	Maksimum 2,5%
Kadar Air	Maksimum 10%
Ph	6-8
Daya Serap Biru Metilena	Minimum 120 mg/g
Bagian yang tidak diperarang	Tidak Nyata

Sumber : Standar Nasional Indonesia 1995

5. Kegunaan Arang Aktif

Arang aktif merupakan material yang unik dan serbaguna, karena memiliki luas permukaan yang besar dan derajat reaktivitas permukaan yang tinggi. Aplikasi penting karbon aktif senantiasa digunakan untuk menghilangkan bau, warna, rasa, dan zat-zat yang tidak diharapkan pada pengolahan air untuk air minum dan air limbah pada industri, pemurnian gas pada lingkungan tertentu seperti industri kimia dan industri makanan. Selain itu arang aktif juga digunakan dalam bidang kedokteran untuk membasmi bakteri yang sudah diketahui jenisnya (Manocha, 2003).

Dalam bidang farmasi, arang aktif digunakan untuk menyerap kotoran berupa koloid dan berfungsi sebagai filter sehingga proses pemutihan pada waktu kristalisasi dapat dipercepat. Dibidang kesehatan arang aktif berfungsi untuk menarik senyawa beracun yang berasal dari makanan. Selain itu seiring dengan masuknya abad komunikasi elektronik, penelitian arang aktif lebih difokuskan kepada bidang karbon nano yang bersifat porous, suatu teknologi yang mempunyai prospek dan nilai ekonomis tinggi untuk dikembangkan (BSN, 2011).

d. Sifat-sifat Semen yang Memakai Pozzolan

Didalam proses hidrasi semen selain menghasilkan senyawa CSH, CAH, dan CAF yang bersifat sebagai bahan perekat juga menghasilkan kapur yang angka kelarutannya tinggi dan bersifat basa. Dengan adanya pozzolan maka kapur yang timbul akan bereaksi membentuk CSH, CAH, dan CFH yang mempunyai sifat sebagai perekat.

Semen yang mempunyai bahan tambahan pozzolan akan juga mempunyai sifatsifat sebagai berikut :

1. Panas hidrasi akan turun karena adanya tambahan pozzolan kandungan C_3A dalam semen berkurang.
2. Campuran pasta semen pada keadaan konsistensi normal maka faktor air semen akan meningkat dengan adanya pozzolan.
3. Workability dari beton yang memakai semen pozzolan akan lebih baik.
4. Merubah waktu setting.
5. Merubah kekuatan beton dan lain sebagainya.

II.6. Kuat Desak Beton

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995).

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm sampai 500 kg/cm². Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang

dinyatakan dalam MPa atau kg/cm². Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar *ASTM C 39* atau menurut yang disyaratkan PBI 1989.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = P / A \dots\dots\dots(3.4)$$

- Keterangan :
- f'c = kuat desak beton
 - P = beban maksimum
 - A = luas penampang benda uji

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain

(Tjokrodimulyo, 1995):

1. Pengaruh mutu semen portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan
4. Pengaruh umur beton.
5. Pengaruh waktu pencampuran.
6. Pengaruh perawatan.
7. Pengaruh bahan campuran tambahan.

II.7. Persyaratan Keawetan Beton

II.7.1. Rasio air - semen

Rasio air – semen yang disyaratkan pada table 1 dan table 2 harus dihitung menggunakan berat semen, sesuai dengan *ASTM C 150*, *ASTM C 595 M*, atau *ASTM C 845*, ditambah dengan berat abu terbang dan bahan pozzolan lainnya sesuai dengan *ASTM C 618*, kerak sesuai dengan

ASTM C 989, dan silica fume sesuai dengan ASTM C 1240, bilamana digunakan.

II.7.2. Persiapan peralatan dan tempat persiapan

Persiapan sebelum pengecoran beton meliputi hal berikut:

- a. Semua peralatan untuk pencampuran dan pengangkutan beton harus bersih;
- b. Semua sampah atau kotoran harus dihilangkan dari cetakan yang akan diisi beton;
- c. Cetakan harus dilapisi zat pelumas permukaan sehingga mudah dibongkar;
- d. Bagian dinding bata pengisi yang akan bersentuhan dengan beton segar harus dalam kondisi basah;
- e. Tulangan harus benar-benar bersih dari lapisan yang mengganggu;
- f. Sebelum beton dicor, air harus dibuang dari tempat pengecoran kecuali bila digunakan tremie;
- g. Semua kotoran dan bagian permukaan yang dapat lepas atau yang kualitasnya kurang baik harus dibersihkan sebelum pengecoran lanjutan dilakukan pada permukaan beton yang telah mengeras.

II.7.3. Pencampuran

1. Semua bahan beton harus diaduk secara seksama dan harus dituangkan seluruhnya sebelum pencampur diisi kembali
2. Beton siap pakai harus dicampur dan diantarkan sesuai persyaratan SNI 03-4433-1997, spesifikasi beton siap pakai atau "spesifikasi untuk

beton yang dibuat melalui penakaran volume dan pencampuran menerus *(ASTM C 685);

3. Adukan beton yang dicampur dilapangan harus dibuat sebagai berikut :

- a. Pencampuran harus dilakukan dengan menggunakan jenis pencampur yang telah disetujui.
- b. Mesin pencampur harus diputar dengan kecepatan yang disarankan oleh pabrik pembuat;
- c. Pencampuran harus dilakukan secara terus-menerus selama sekurang-kurangnya 1¹/₂ menit setelah semua bahan berada dalam wadah pencampur, kecuali bila dapat diperlihatkan bahwa waktu yang lebih singkat dapat memenuhi persyaratan uji keseragaman campuran

SNI 03-4433-1997, spesifikasi beton siap pakai;

- d. Pengolahan, penakaran dan pencampuran bahan harus memenuhi aturan yang berlaku pada SNI 03-4433-1997, spesifikasi beton siap pakai;
- e. Catatan rinci harus disimpan dengan data-data yang meliputi:
 - Jumlah adukan yang dihasilkan;
 - Proporsi bahan yang digunakan;
 - Perkiraan lokasi pengecoran pada struktur;
 - Tanggal dan waktu pencampuran dan pengecoran.

II.7.4. Pengecoran

- a. Beton harus dicor sedekat mungkin pada posisi akhirnya untuk menghindari terjadinya segregasi akibat pengaliran;

- b. Beton yang ditambah air lagi atau beton yang telah terkontaminasi oleh bahan lain tidak boleh digunakan untuk pengecoran;
- c. Permukaan atas cetakan vertical secara umum harus datar;

II.7.5. Perawatan Beton

- a. Beton (selain beton kuat awal tinggi) harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran, kecuali jika dirawat menurut 7.11(3) pada SNI 03-2847-2002;
- b. Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama kecuali jika dirawat menurut 7.11(3) pada SNI 03-2847-2002;
- c. Perawatan dipercepat
 - Perawatan dengan uap bertekanan tinggi, penguapan pada tekanan atmosfer, panas dan lembab, atau proses lainnya yang dapat diterima, dapat dilakukan untuk mempercepat peningkatan kekuatan dan mengurangi waktu perawatan;
 - Percepatan waktu perawatan harus memberikan kuat tekan beton pada tahap pembebanan yang ditinjau sekurang-kurangnya sama dengan kuat rencana perlu pada tahap pembebanan tersebut;
 - Proses perawatan harus sedemikian hingga beton yang dihasilkan mempunyai tingkat keawetan paling tidak sama dengan yang dihasilkan oleh metode perawatan pada 7.11(1) atau 7.11(2) pada SNI 03-2847-2002;

II.8. Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan

II.8.1. Arifal Hidayat (2011)

Menurut arif hidayat hasil penelitian Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton K-225 bahwa terdapat perlakuan yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam padi dalam campuran beton.

II.8.2. Suprasman dan Ermiyati (2006)

Menurut Suprasman dan Ermiyati bahwa hasil Penelitian Kuat tekan mortar dengan penambahan Abu Sekam Padi sebagai pengganti sebagian semen adalah sebagai berikut:

- a. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap aggregate halus memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan mortar
- b. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap abu sekam padi memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk pembuatan mortar yaitu berat jenis 2,121 gr/cm³ dan kadar air 37,333%.
- c. Pemakaian abu sekam sebesar 15% dari berat semen adalah nilai kuat tekan mortar yang optimal yaitu 28,640 MPa kuat tekan mortar normal meningkat 36,47% pada umur 28 hari.
- d. Hasil pengujian kuat tekan mortar yang diperoleh memperlihatkan bahwa abu sekam dapat digunakan pada campuran mortar sampai atas 25%.

II.8.3. Mochamad Solik in dan Susilo (2016)

Menurut solik in dan susilo hasil penelitian pengaruh pemakaian Abu Sekam Padi sebagai Cementitious terhadap perkembangan kuat tekan beton bahwa sebagai berikut:

- a. hasil perkembangan kuat tekan beton menunjukkan, abu sekam padi berpotensi dipergunakan sebagai bahan pengganti sebagian serapan air pada beton yang merupakan nilai serapan air untuk beton normal dan beton dengan abu sekam padi.
- b. Menunjukkan bahwa dengan penambahan abu sekam padi mampu mengurangi serapan air pada beton menjadi sebesar 13,455%, dimana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan beton normal pada umur dan perawatan yang sama yaitu sebesar 27,12%. Penurunan serapan air tersebut mencapai sebesar 50% apabila dibandingkan dengan beton normal (OPC). Penurunan tersebut sangat mungkin disebabkan bahan tambah abu sekam padi mempunyai kandungan utama berupa silika reaktif terhadap kapur (CaOH) yang merupakan produk samping dari hidrasi semen. Dengan tersedianya bahan pozzolan yang bereaksi dengan CaOH maka struktur beton menjadi lebih padat sehingga serapan air beton menjadi kecil.
- c. Hasil penurunan serapan air didapatkan dengan pemakaian abu sekam padi, yaitu dapat menurunkan serapan air beton sebesar hingga 50% terhadap serapan air beton normal. Dengan demikian beton dengan campuran abu sekam padi diperkirakan memiliki durabilitas yang lebih baik.

II.8.4. Sri Raharja, Sholihin As'Ad dan Sunarmasto (2013)

Menurut sri raharja, solihin As'ad dan Sunarmasto hasil penelitian pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton

kinerja tinggi bahwa Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton kinerja tinggi berpengaruh pada kuat tekan. Kuat tekan beton kinerja tinggi mengalami peningkatan dan penurunan akibat penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Peningkatan kuat tekan beton kinerja tinggi terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 2,5% , 5% , 7,5% , dan 10%. Kuat tekan maksimal terjadi pada penggunaan abu sekam padi sebesar 10% dari berat semen yaitu 101,07 MPa, lebih besar dari kuat tekan beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi sebesar 85,55 Mpa atau meningkat 18,15%. Proses peningkatan kuat tekan beton kinerja tinggi ini disebabkan

oleh dua kontribusi abu sekam padi yang menggantikan sebagian berat semen.

Kontribusi yang pertama yaitu abu sekam padi berperan dalam penyempurnaan hasil hidrasi semen, dimana kandungan silika (SiO_2) sebesar 82,26% dalam abu sekam padi dapat mengikat kapur mati (Ca(OH)_2) kemudian menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H Gel) yang lebih baik dari beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi dan kontribusi kedua yaitu abu sekam padi juga dapat mengisi kekosongan pada celah atau rongga antara agregat halus sehingga membuat beton menjadi lebih padat.

Penurunan kuat tekan beton kinerja tinggi terjadi saat penggunaan abu sekam padi sebesar 15% dari berat semen. Kuat tekan beton kinerja tinggi dengan penggunaan abu sekam padi sebesar 15% dari berat semen

yaitu 84,17 MPa atau menurun 1,61% dari kuat tekan beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi. Pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya. Pada beton kinerja tinggi nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan 2,45% - 14,11% dan juga penurunan 5,09%.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas sama seperti halnya yang terjadi pada kuat tekan, yaitu karena kandungan senyawa silika (SiO_2) yang dimiliki abu sekam padi cukup besar dan ukuran butiran abu sekam padi yang sangat kecil sehingga dapat berfungsi sebagai pengisi (*mikrofiller*) celah atau pori-pori antara butiran agregat halus.

Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton kinerja tinggi dapat mengurangi nilai workabilitas beton segar. Semakin besar penggunaan abu sekam padi pada campuran beton, maka akan semakin rendah nilai workabilitas beton tersebut. Penurunan workabilitas tersebut disebabkan karena abu sekam padi merupakan material yang bersifat hidroskopis (menyerap air), sehingga sebagian air yang terdapat pada adukan beton diserap oleh abu sekam padi.

II.8.5. Khairul Lakum. C (2009)

Menurut khairul Lakum. C hasil penelitian Pemamfaatan Abu sekam padi sebagai campuran untuk peningkatan kekuatan beton bahwa sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton dengan menggunakan abu sekam padi, lebih tinggi dari beton normal, dengan kadar komposisi abu sekam padi 5% -10%;

2. Penggunaan abu sekam padi lebih dari 10%, akan mengakibatkan kekuatan beton akan semakin berkurang;
3. Dari hasil penelitian diperoleh nilai penyerapan air dengan menggunakan abu sekam padi yaitu 7,64% - 11,36%;
4. Dari hasil percobaan besarnya porositas yang diperoleh dengan menggunakan abu sekam padi 19,42% - 36,01%;
5. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa abu sekam padi dapat dipergunakan sebagai campuran untuk pengganti semen dalam pembuatan beton;
6. Pemamfaatan abu sekam padi pada pembuatan beton, akan menghasilkan beton yang lebih kuat dan ekonomis.

II.9. Bahan dan alat

II.9.1. Kebutuhan Bahan

- a. Semen Portland
- b. Aggregate halus (pasir)
- c. Aggregate kasar (kerikil)
- d. Air
- e. Abu sekam padi
- f. Superplasticizer (sikament LN)

II.9.2. Kebutuhan alat

- a. Timbangan
- b. Satu set alat pemeriksaan aggregate (piring, picnometer, oven, saringan aggregate serta mesin shieve shaker untuk mengayak saringan)

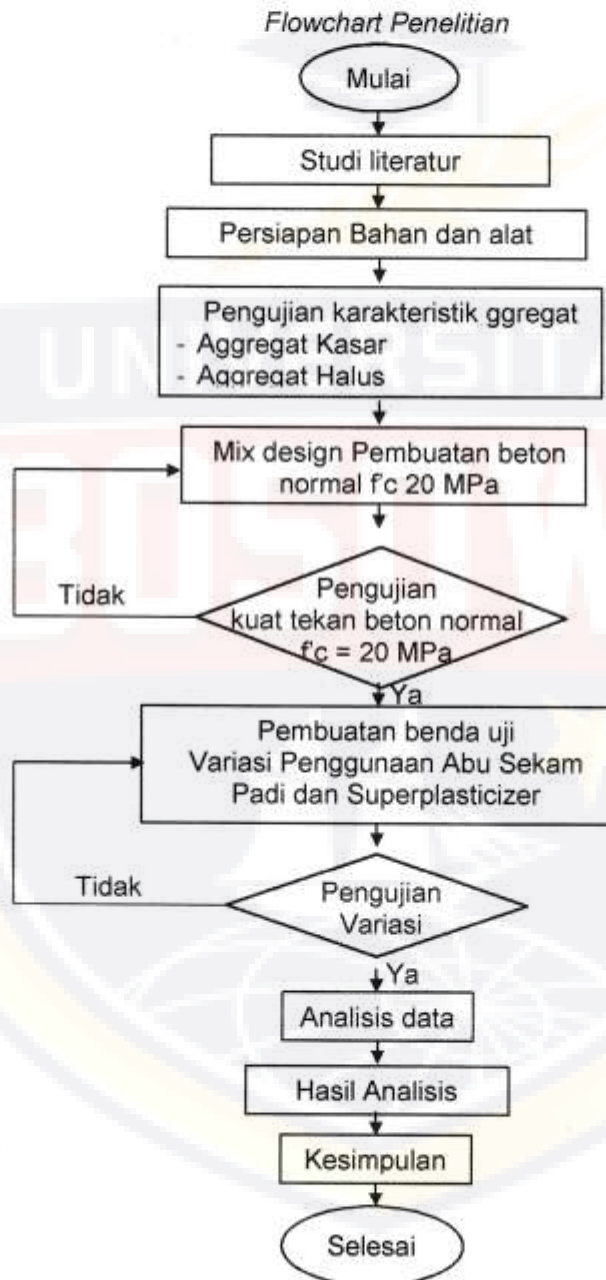
- c. Mesin aduk beton (molen)
- d. Kerucut arahams
- e. Cetakan silinder
- f. Tongkat penumbuk
- g. Mesin uji kuat tekan
- h. Sekop besar
- i. Penggaris
- j. Gelas ukur
- k. Ember
- l. Sendok semen
- m. Seperangkat peralatan kunci

BOSOWA

BAB III METODE PENELITIAN

III. 1. Bagan Alir Penelitian

Prosedur penelitian secara garis besar dapat dilihat pada flowchat dibawah ini.



III. 2. Referensi Pengujian

Tabel 3.1. Daftar referensi pengujian

No	Jenis Pengujian	Referensi
1	Analisa Saringan	
	- Agregat Kasar	SNI 03-1968-1990
	- Agregat Halus	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis	
	- Agregat kasar	SNI 1969 : 2008
	- Agregat Halus	SNI 1970 : 2008
3	Berat Isi	
	- Agregat Halus	SNI 03-4804-1998
4	Kadar Air	
	- Agregat Kasar	SNI 03-1971-1990
	- Agregat Halus	SNI 03-1971-1990
5	Pemeriksaan Jumlah Bahan yang lolos saringan No.200	
	- Agregat Halus	SNI 03-4142-1996
	- Abu Sekam Padi	SNI 03-4142-1996
6	Pengujian Slump Beton	SNI 1972 : 2008
7	Kuat tekan Beton	SNI 03-2834-2000

III. 3. Variabel Penelitian

Adapun variable yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

I. Variabel bebas atau penyebab (*Indefendent variables*)

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat menyebabkan atau mempengaruhi, faktor yang diukur,dipilih

dan dimanipulasi oleh peneliti untuk dapat menentukan adanya hubungan antara fenomena yang diobservasi atau diamati, yang dimaksud variabel bebas dalam penelitian ini adalah presentase penggunaan Abu sekam Padi (ASP).

2. Variabel tetap (Dependent variables)

Variabel tetap merupakan faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas, faktor yang muncul atau tidak muncul bahkan dapat berubah sesuai dengan yang diperkenankan oleh peneliti, yang dimaksud variabel terikat dalam penelitian ini adalah kebutuhan penggunaan agregat dalam campuran beton, kuat tekan dan berat jenis beton.

III. 4. Notasi dan Jumlah sampel

Untuk keperluan campuran beton pada penelitian ini dapat digunakan acuan table dibawah ini.

Tabel 3.2. Daftar Notasi dan jumlah sampel

No	Notasi	Portland Cement (PC)	Abu Sekam Padi (ASP)	Superplasticizer (Sikament LN)	Jumlah Sampel
1	CN	100%	-	-	20
2	CSP	100%	-	300 ml/zak	3
3	CASP1	75%	25%	300 ml/zak	3
4	CASP2	50%	50%	300 ml/zak	3
5	CASP3	25%	75%	300 ml/zak	3
					$\Sigma = 32$ bh

III. 5. Metode analisis

Metode yang peneliti lakukan adalah dengan cara membuat benda uji di laboratorium Teknik Bahan Konstruksi Universitas

Bosowa makassar, dimana penelitian dilakukan dengan metode eksperimental. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari dengan sampel silinder ukuran 15 x 30 cm. Beton yang diuji merupakan beton kondisi normal dan kondisi setelah diberikan bahan tambahan (admixtures) Abu sekam padi (ASP) dan Sikament LN. Penelitian ini akan menggunakan beton pembanding dengan mutu rencana sebesar $f_c = 20 \text{ Mpa}$ (K-250). Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat diketahui pengaruh penambahan bahan tambah (admixtures) yang diberikan terhadap slump dan kuat tekan beton.

UNIVERSITAS

BOSOWA

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Material

Penelitian ini merupakan penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium, dalam pelaksanaan penelitian ini peneliti menggunakan Laboratorium struktur dan bahan Teknik sipil Universitas bosowa. Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Dimulai dari tahap perhitungan campuran beton, pengecekan kadar air dalam material (pasir dan kerikil), kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, sampai dengan pengujian kuat tekan beton dapat dilaksanakan tanpa menemui kesulitan yang berarti. Hasil penelitian yang berupa data-data kasar, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh bahan pengganti sebagian semen dengan menggunakan *abu sekam padi* dan bahan tambah *Superplasticizer (Sikament LN)* terhadap kuat tekan beton beton.

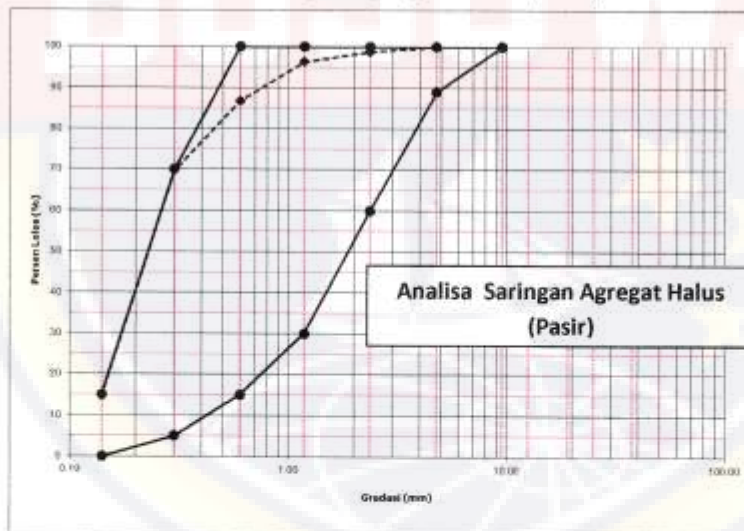
Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang berasal dari bili-bili (Gowa). Berdasarkan pelaksanaan pemeriksaan agregat di laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, diperoleh hasil pemeriksaan karakteristik yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. untuk agregat halus dan Tabel 4.2 untuk agregat kasar yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir)

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2% - 6%	5.88%	Memenuhi
3	Kadar air	3% - 5%	3.77%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	a. Lepas	1.4 - 1.9	1.48%	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9	1.61%	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 2%	1.36%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.61%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.71%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.65%	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.1. Analisa saringan agregat halus (Pasir)



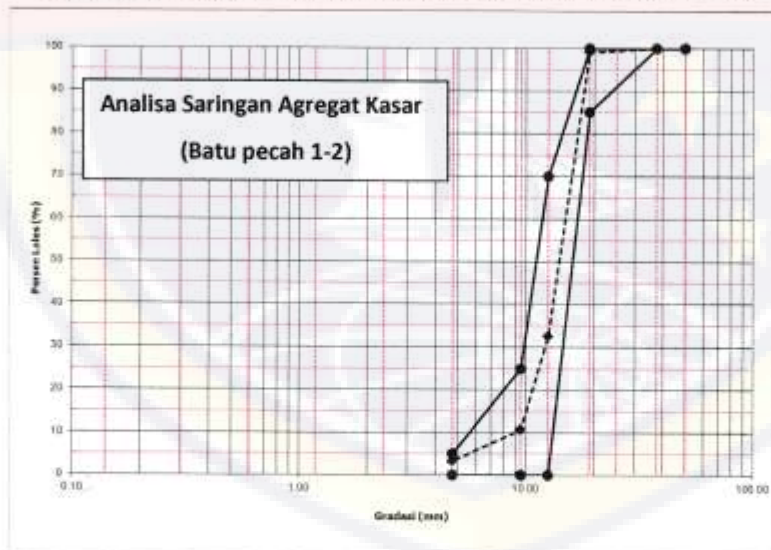
Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Tabel. 4.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 1-2)

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			BP 1-2	
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2 - 1%	0.45%	Memenuhi
3	Kadar air	0.5 - 2%	1.70%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	a. Lepas	1.6 - 1.9	1.70%	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9	1.85%	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 4%	2.26%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.51%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.56%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.66%	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grafik 4.2. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 1-2)



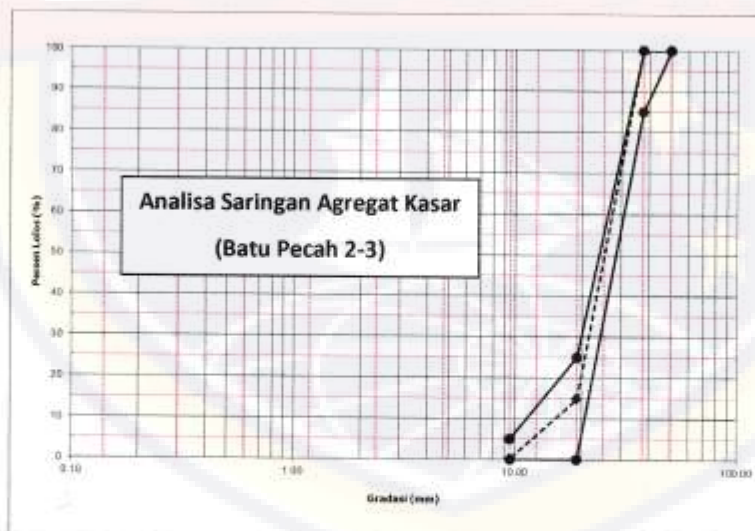
Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Tabel 4.3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Bp 2-3)

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			BP 2-3	
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2 - 1%	0.88%	Memenuhi
3	Kadar air	0.5 - 2%	1.61%	Memenuhi
4	Berat Isi			
	a. Lepas	1.6 - 1.9	1.61%	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9	1.72%	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 4%	1.52%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.57%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.61%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.67%	Memenuhi

Sumber : Hasil perhitungan

Grifik 4.3. Analisa saringan agregat kasar (batu pecah 2-3)



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

Dari tabel diatas menunjukan semua karakteristik dari agregat kasar dan agregat halus memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini berarti agregat kasar dan agregat halus tersebut baik dijadikan bahan dalam pembuatan campuran beton.

4.2. Perencanaan Campuran Beton

4.2.1. Perencanaan Campuran Beton Normal

Perencanaan campuran beton dilaksanakan dengan menggunakan metode DOE (Department of Environment). Adapun hasil perencanaan campuran beton dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.4. Data hasil perhitungan mix design beton normal 20 Mpa

Data :	Nilai	Satuan
Slump	15	cm
Kuat tekan yang disyaratkan (Silinder)	250	kg/cm ²
Deviasi Standar (Sr)	60	kg/cm ²
Nilai Tambah (Margin)	118	kg/cm ²
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	368	kg/cm ²
Faktor Air Semen Bebas (Fas)	0.44	(Grafik)
Faktor Air Semen Maksimum	0.55	(Tabel)
Kadar Air Bebas	185	kg/m ³
Kadar Semen Maksimum	420.45	kg/m ³
Kadar Semen Minimum	325	(Tabel)
Berat Isi Beton	2397	(Grafik)
Berat Agregat Gabungan	1791.55	kg/m ³
Berat Agregat Halus	591.21	kg/m ³
Berat Agregat Kasar	591.21	kg/m ³
Berat Jenis Gabungan	2.56	kg/m ³

Sumber : Hasil perhitungan Mix design $f_c = 20$ Mpa.

- Perhitungan volume benda uji (silinder 15 x 30 cm).

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$V = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,30 \text{ m}$$

$$V = 0,00530 \text{ m}^3$$

- Perhitungan untuk 1 benda uji

$$V = 0,0053 \text{ m}^3 \times 1 \times 1,2 \text{ (faktor kehilangan)}$$

$$V = 0,0064 \text{ m}^3$$

- Hasil perhitungan mix design beton normal untuk 20 benda uji

Tabel 4.5 Data perhitungan mix design

BAHAN BETON	BERAT/M ³ BETON (kg)	VOLUME BENDA UJI	BERAT UTK 1 SAMPEL (kg)	BERAT UTK 3 SAMPEL (kg)
Air	211.81	0.0064	1.35	4.04
Semen	349.06	0.0064	2.22	6.66
Pasir	630.35	0.0064	4.01	12.02
B.P 2-3	727.98	0.0064	4.63	13.89
B.P 1-2	456.65	0.0064	2.90	8.71

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.2. Perencanaan Campuran Beton Abu sekam Padi (ASP)

Komposisi bahan campuran beton Abu Sekam Padi (ASP) dilakukan pendekatan perbandingan berat semen pada beton normal. Komposisi beton variasi untuk 1 silinder dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Komposisi campuran beton 1 silinder

Bahan Beton Geopolimer	CSP (Kg)	CASP 1 (Kg)	CASP 2 (Kg)	CASP 3 (Kg)
Sement Portland (PC)	2,22	0,55	1,11	1,66
Abu Sekam Padi	-	1,66	1,11	0,55
Superplasticizerb (sikament LN)	16,65	16,65	16,65	16,65
Pasir	1,35	1,35	1,35	1,35
Batu Pecah 2-3	4,63	4,63	4,63	4,63
Batu Pecah 1-2	2,90	2,90	2,90	2,90

Sumber : Hasil perhitungan

4.3. Pengujian Slump Test

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui Keleccakan (workability) adukan beton. Keleccakan adukan beton merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (segregasi). Tingkat keleccakan ini dipengaruhi oleh komposisi campuran, kondisi fisik dan jenis bahan pencampurnya.

Untuk pengujian slump test pada penelitian ini dilakukan sebanyak 4 kali. Hasil pengujian slump test berturut-turut yaitu sebesar 7,5 cm, 8 cm, 6 cm dan 7.5 cm. sehingga material ini memenuhi batas syarat nilai slump test untuk beton yaitu 8 ± 2 cm.

Tabel 4.7. Pengujian Slump Test Beton Normal

Pengecoran	Hasil Pengujian (cm)	Rata-rata (cm)
I	8	7,38
II	8	
III	6	
IV	7.5	

Sumber : Hasil Pengujian di Lab Teknik Sipil

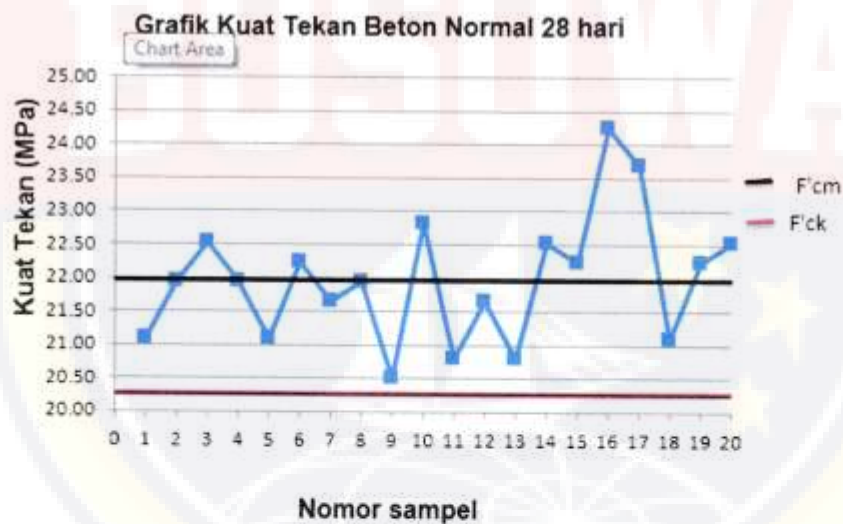
4.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan beban hingga benda uji tersebut hancur dengan alat uji kuat tekan (Compressive Strength). Pada saat benda uji hancur didapatkan beban atau gaya tekan maksimum (P_{maks}) dari benda uji. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c').

4.3.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Hasil pengujian kuat tekan beton normal (beton kontrol) pada umur 28 hari dapat dilihat pada Grafik 4.4 dengan nilai rata-rata kuat tekan 26,11 Mpa.

Grafik 4.4 Kuat tekan beton normal



Sumber : Hasil perhitungan

$$F_{ck} = f_{cm} - k \times S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{43,0939}{20-1}} = 1,50602$$

$$F_{ck} = 21,97 - 1,645 \times (1,5105 \times 1,08) = 20,269 > 20 \text{ MPa}$$

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal diatas didapatkan nilai kuat tekan karakteristik sebesar 20,269 MPa. Nilai kuat tekan karakteristik ini memenuhi standar dimana nilai kuat tekan karakteristik yang ingin dicapai yaitu sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai kuat tekan pada beton Abu Sekam Padi.

4.3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi Abu Sekam Padi

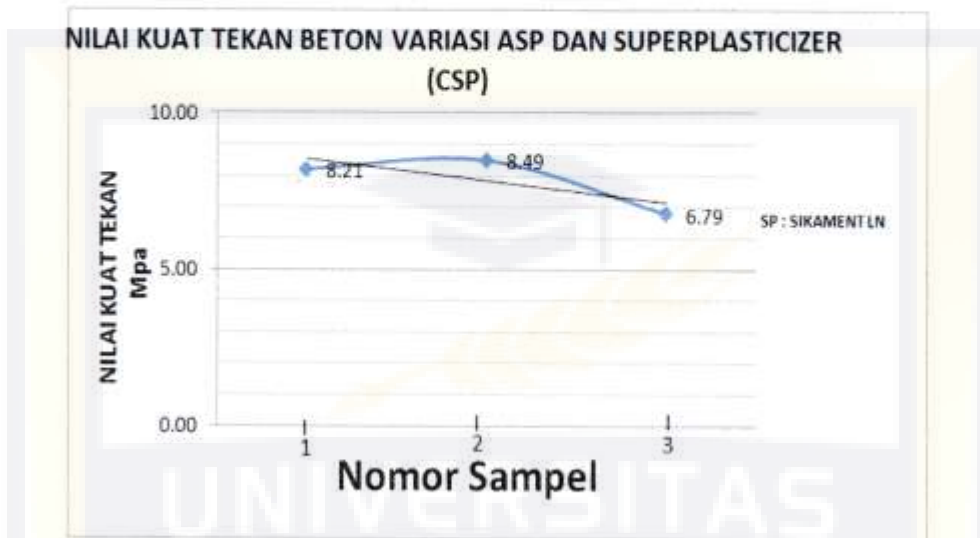
Hasil pengujian kuat tekan beton Variasi Abu Sekam Padi pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 4.8. Kekuatan Tekan Beton Variasi Abu Sekam Padi.

NO BENDA UJI	SLUMP (Cm)	BERAT (Kg)	LUAS PENAMPANG (Cm)	UMUR (HARI)	BEBAN MAKSIMUM (KN)	KEKUATAN TEKAN (Mpa)	KET RATA-RATA (Mpa)
CSP A	13.5	12.145	17662.50	28	374	21.17	21.04
CSP B	13.5	12.150	17662.50	28	372	21.06	
CSP C	13.5	12.245	17662.50	28	369	20.89	
CASP1 A	7	11.540	17662.50	28	145	8.21	7.83
CASP1 B	7	11.640	17662.50	28	150	8.49	
CASP1 C	7	11.630	17662.50	28	120	6.79	
CASP2 A	7.5	10.765	17662.50	28	60	3.40	3.21
CASP2 B	7.5	10.792	17662.50	28	60	3.40	
CASP2 C	7.5	10.751	17662.50	28	50	2.83	
CASP3 A	8	9.620	17662.50	28	20	1.13	0.75
CASP3 B	8	9.763	17662.50	28	10	0.57	
CASP3 C	8	9.500	17662.50	28	10	0.57	

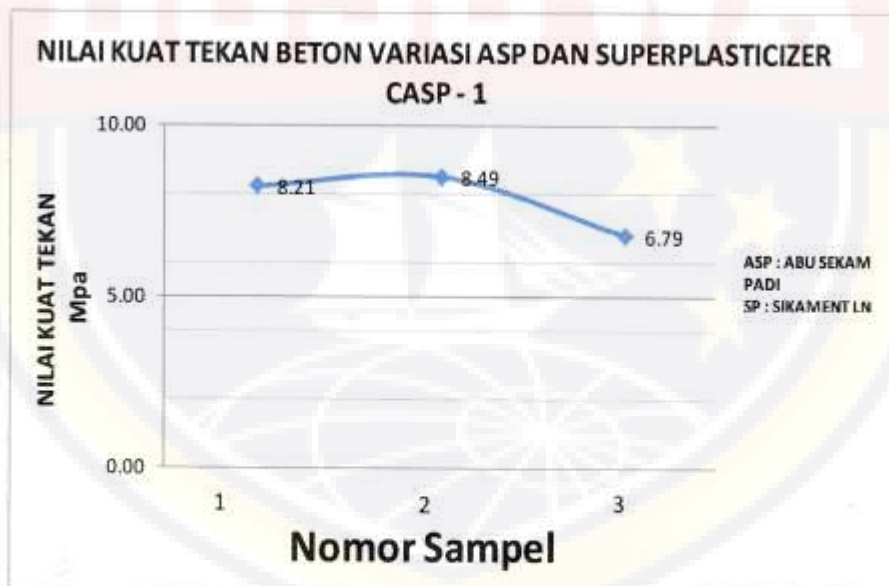
Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.9. Nilai kuat tekan beton CSP



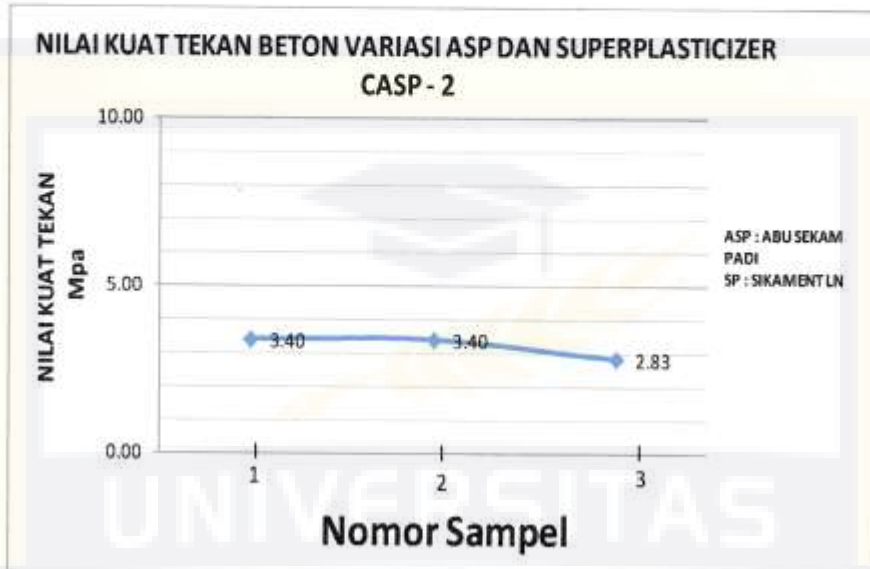
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.3. Kuat Tekan Beton CASP - 1



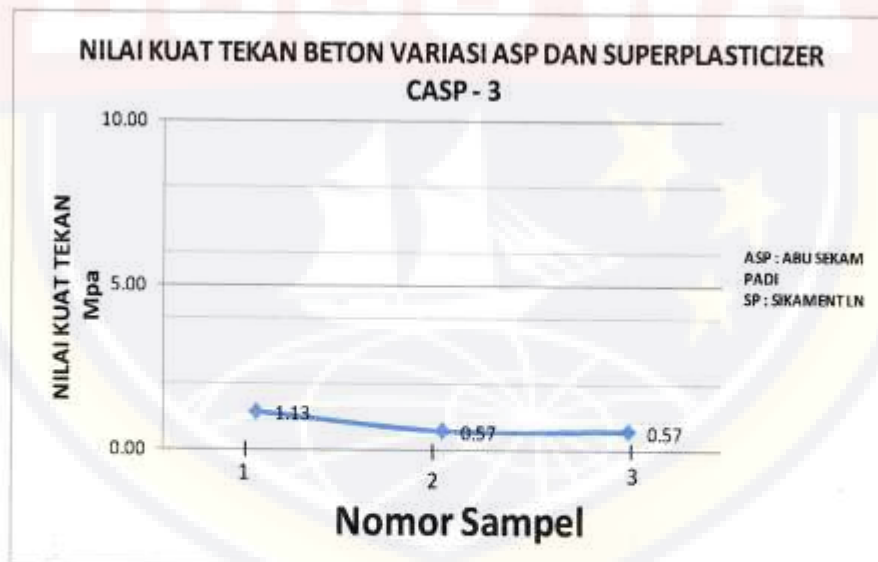
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.4. Kuat Tekan Beton CASP-2



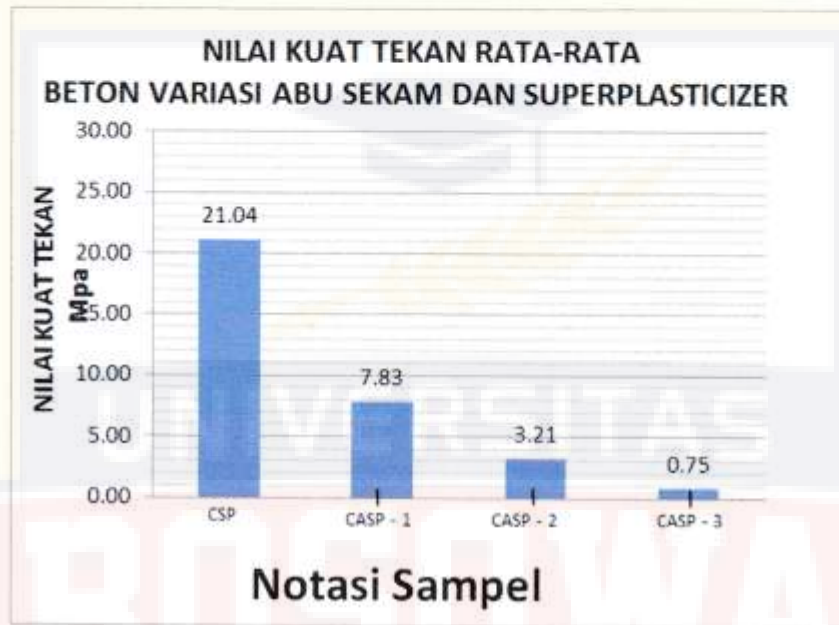
Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.5. Kuat Tekan Beton CASP - 3



Sumber : Hasil perhitungan

Grafik. 4.5. Kuat Tekan Rata-rata tiap variasi Abu Sekam Padi (ASP) dan Superplasticizer



Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil pemeriksaan kuat tekan beton Variasi Abu Sekam dan Superplasticizer pada tabel diatas, terlihat bahwa kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi CSP (Beton normal campur sikament LN) dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 21,04 Mpa. Sebaliknya kuat tekan terendah terdapat pada variasi CASP1 (campuran ASP 75%, PC 25% dan sikament LN) yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 0,75 MPa.

Dari hasil pemeriksaan tersebut terlihat bahwa nilai kuat tekan beton pada variasi penggunaan abu sekam padi dan zat aditif superplasticizer (sikament Ln) mengalami penurunan, adapun penurunan kuat tekan beton ini disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

a. sekam padi memiliki nilai absorsi tinggi

Porositas sekam padi yang sangat tinggi yaitu sekitar 79%, menyebabkan sekam padi dapat menyerap air dalam jumlah yang banyak (kaboosi, 2007). Masalah yang mungkin terjadi dalam pemamfaatan abu sekam padi untuk pembuatan beton yaitu besarnya nilai absorpsi air yang terjadi. Hal ini dapat menyebabkan beton menjadi keropos sehingga menurunkan kuat tekannya.

b. reaksi senyawa abu sekam padi terhadap senyawa semen

senyawa-senyawa yang terdapat pada semen adalah C3S2, C2S, C3A dan C4AF, dimana senyawa yang membentuk kekuatan awal pada semen adalah senyawa C3S yang dibantu oleh panas hidrasi dari senyawa C3A. Hasil reaksi akan bereaksi kembali dengan unsur-unsur utama yang terdapat pada abu sekam padi yaitu silica dan alumina dengan demikian maka rantai reaksi hidrasi akan semakin panjang yang pada akhirnya memperlama waktu pengerasan beton

c. proses pemadatan

proses pemadatan yang tidak sempurna mengakibatkan adanya volume udara yang terkandung dalam beton. Semakin banyak volume udara dalam beton maka cenderung menurunkan kuat tekan beton yang disebabkan adanya pori-pori udara yang tidak terisi.

d. proses pencampuran

proses pencampuran beton yang tidak sempurna yaitu dengan tidak mengurangi air pada saat pencampuran sesuai dengan petunjuk pencampuran membuat hasil kuat tekan beton tidak bertambah sebesar 40%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Nilai kuat tekan beton rata-rata dengan variasi penambahan abu sekam padi sebesar 25%, 50%, dan 75% adalah berturut-turut 7,83 MPa, 3,21 MPa, dan 0,75 MPa. Ini menunjukkan nilai kuat tekan beton semakin menurun seiring dengan penambahan abu sekam padi (ASP).
2. Nilai slump beton rata-rata pada variasi penambahan abu sekam padi sebesar 25%, 50% dan 75% adalah berturut-turut 7 cm, 7,5 cm, dan 8 cm. ini menunjukkan bahwa semakin bertambah abu sekam pada campuran variasi maka semakin tinggi pula nilai slump beton. Nilai kuat tekan beton optimum diperoleh pada variasi CASP1 (25% ASP), Sehingga penambahan abu sekam padi sebesar $\geq 25\%$ hanya dapat digunakan pada beton non structural.

5.2 Saran

1. Ketelitian dalam pengukuran bahan yang digunakan dalam penelitian akan berpengaruh terhadap ikatan awal dan akhir dari hasil penelitian,
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton jika ditambahkan variasi campuran material Abu Sekam Padi (ASP).

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, A, 1995, **Teknologi Beton**, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Antono, a, 1995, **Bahan Konstruksi Teknik Sipil**, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fitria dan Asna, 2003, **Tinjauan Pemakaian Superplasticizer Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Desak Dan Kadar Optimum**, Tugas Akhir Jenjang S-1 FTSP Uii, Yogyakarta.
- Ilham, a, 2004, **Pengaruh Pengurangan Kandungan Air Dan Penambahan Superplasticizer Pada Komposisi Campuran Beton Kuat Tekan 30 Dan 40 Mpa**, Jurnal Jurusan Teknik Sipil Uii, Yogyakarta.
- Murdock, I. J., Dan Brook, K. M., 1986, **Bahan Dan Praktek Beton**, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Murdock, I. J., Dan Brook, K. M., 1991, **Bahan Dan Praktek Beton**, Erlangga, Jakarta.
- Mursito, 1997, **Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer Dan Setretarder Pada Kuat Tekan Beton, Nilai Slump Dan Setting Time Dalam Adukan Beton**, Tugas Akhir Jenjang S-1 Ftsp Uii, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri, 2003, **Teknologi Beton**, Andi Offist, Yogyakarta.
- Nawy, Edward, G, 1985, **Reinforce Concrete A Fundamental Approach**, Terjemahan, Cetakan Pertama, Bandung.
- Nawy, Edward, G, 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, Terjemahan, Pt Eresco, Bandung.
- Richard, G, dkk, 1996, **Effect Of Superplasticizer Dosage On Mechanical Properties, Permeability And Freeze-Thaw Durability Of High Strengh Concrete With And Without Silica Fume**, Aci Material Jurnal, Marc-April.
- Smith, M. J, **Bahan Konstruksi Dan Struktur Teknik**, 1985. -----, SK sni 03-6468-2000 (Pd T-18-19999-03), **Tata Cara Perhitungan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi**, Yayasan Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.

Tjokrodimulyo, **Kardiyono**, 1992, **Teknologi Beton**, Biro Penerbit, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, **Kardiyono**, 1992, **Teknologi Beton**, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Ugm, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1996, **Teknologi Beton**, **Nafiri**, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1995, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Ugm, Yogyakarta.





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Nama : Amiruddin
Nim : 45 12 041 091

**Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Halus (Pasir)**

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2% - 6%	5.88%	Memenuhi
3	Kadar air	3% - 5%	3.77%	Memenuhi
	Berat Isi			
4	a. Lepas	1.4 - 1.9	1.48%	Memenuhi
	b. Padat	1.4 - 1.9	1.61%	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 2%	1.36%	Memenuhi
	Berat jenis spesifik			
6	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.61%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.71%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.65%	Memenuhi

Mengetahui :

Kepala Laboratorium
Struktur dan Bahan

Eka Yuniarto, ST,MT



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

Nama : Amiruddin
Nim : 45 12 041 091

**Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan
Agregat Kasar**

No	Karakteristik Agregat	Spesifikasi Interval	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			BP 1-2	
1	Analisa saringan	-	Lihat Lampiran	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0.2 - 1%	0.45%	Memenuhi
3	Kadar air	0.5 - 2%	1.70%	Memenuhi
	Berat Isi			
4	a. Lepas	1.6 - 1.9	1.70%	Memenuhi
	b. Padat	1.6 - 1.9	1.85%	Memenuhi
5	Absorsi	0.2% - 4%	2.26%	Memenuhi
	Berat jenis spesifik			
6	a. Bj. Nyata	1.6 - 3.2	2.51%	Memenuhi
	b. Bj. Dasar Kering	1.6 - 3.2	2.56%	Memenuhi
	c. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.2	2.66%	Memenuhi

Mengetahui :

Kepala Laboratorium
Struktur dan Bahan

Eka Yuniarto, ST.MT

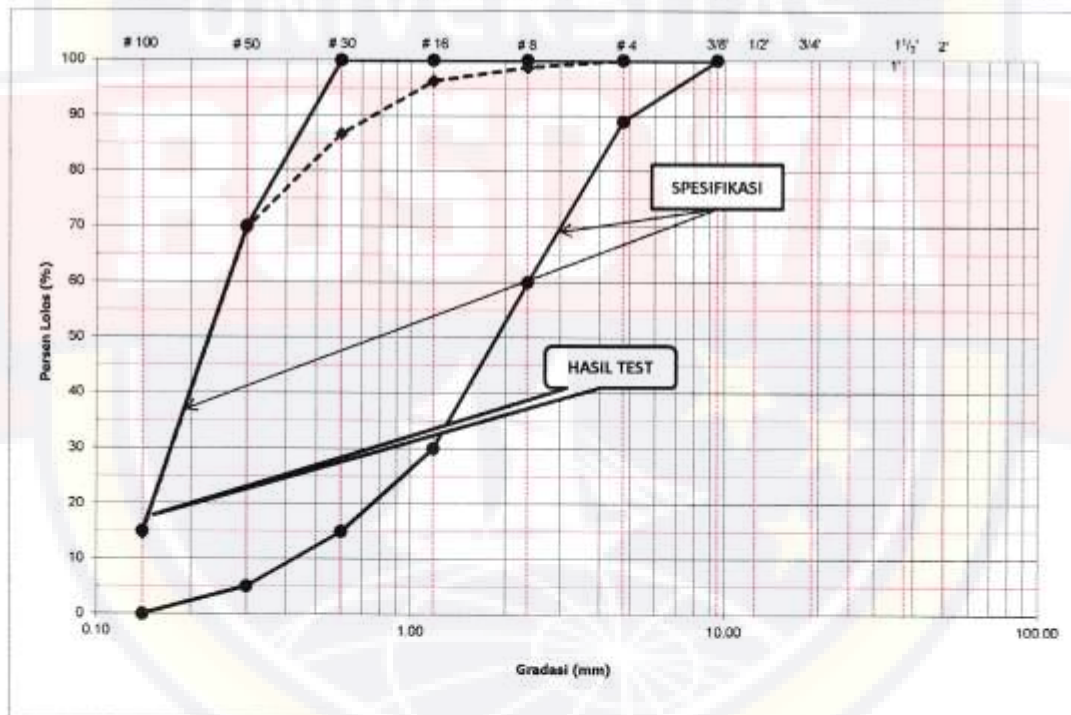


LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
 (ASTM C 33-93 / SNI ASTM C136-2012)

Material : Pasir
 Tanggal : 25 Januari 2017
 Sumber :

Total : 1847.0			Total : 1877.7			Total : 1989.5			Rata-Rata % Lolos	Spesifikasi 2010 Revisi 3	
No. Saringan	Contoh : Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Contoh : kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Contoh : Kumulatif Tertahan	% Tertahan			% Lolos
2'	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	-
1 1/2"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	-
3/4"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	-
1/2"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	-
3/8"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	100.00
3/16"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00	89 - 100
No. 8	23.7	1.28	98.72	23.1	1.23	98.77	24.5	1.23	98.77	98.75	80 - 100
No. 16	68.3	3.70	96.30	70.6	3.76	96.24	73.7	3.70	96.30	96.28	30 - 100
No. 30	229.2	12.41	87.59	257.1	13.69	86.31	272.2	13.68	86.32	86.74	15 - 100
No. 50	562.2	30.44	69.56	569.1	30.31	69.69	600.3	30.17	69.83	69.69	5 - 70
No. 100	1583.0	85.71	14.29	1599.1	85.16	14.84	1693.4	85.12	14.88	14.57	0 - 15



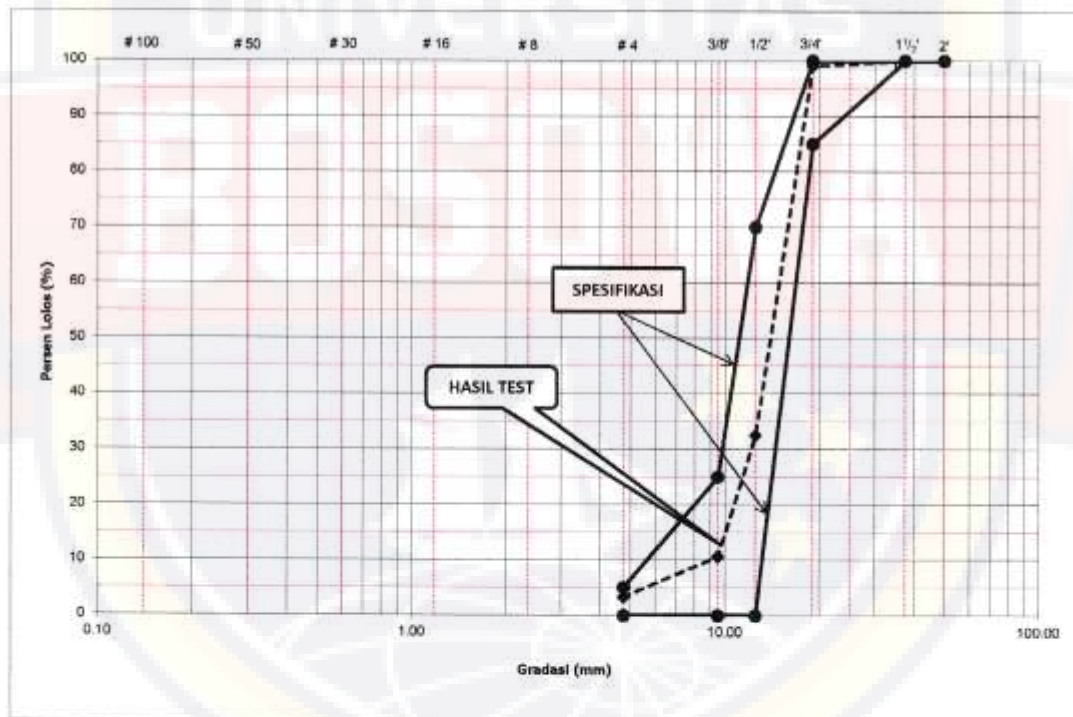


LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
 (ASTM C 33-93 / SNI ASTM C136-2012)

Material : Batu Pecah 1-2 cm
 Tanggal : 27 Januari 2017
 Sumber :

Total : 2408.9			Total : 2427.4			Total : 2502			Rata-Rata % Lolos	Spesifikasi 2010 Revisi 3	
No. Saringan	Contoh : Kumulatif Tertahan	1 % Tertahan	% Lolos	Contoh : kumulatif Tertahan	2 % Tertahan	% Lolos	Contoh : Kumulatif Tertahan	3 % Tertahan			% Lolos
2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100
3/4"	11.90	0.49	99.51	32.60	1.34	98.66	24.20	0.97	99.03	99.07	85-100
1/2"	1486.80	61.72	38.28	1776.60	73.19	26.81	1689.10	67.51	32.49	32.53	0-70
3/8"	2075.00	86.14	13.86	2248.10	92.61	7.39	2236.60	89.39	10.61	10.62	0-25
3/16"	2295.80	95.30	4.70	2381.80	98.12	1.88	2420.10	96.73	3.27	3.28	0-5
No. 8	2330.80	96.78	3.24	2391.80	98.53	1.47	2454.40	98.10	1.90	2.20	-
No. 16	2350.50	97.56	2.42	2403.50	99.02	0.98	2478.70	99.07	0.93	1.45	-
No. 30	2370.80	98.42	1.58	2411.60	99.35	0.65	2495.00	99.72	0.28	0.84	-
No. 50	2380.10	98.80	1.20	2422.60	99.80	0.20	2500.10	99.92	0.08	0.49	-
No. 100	2398.10	99.56	0.45	2425.00	99.90	0.10	2501.30	99.97	0.03	0.19	-



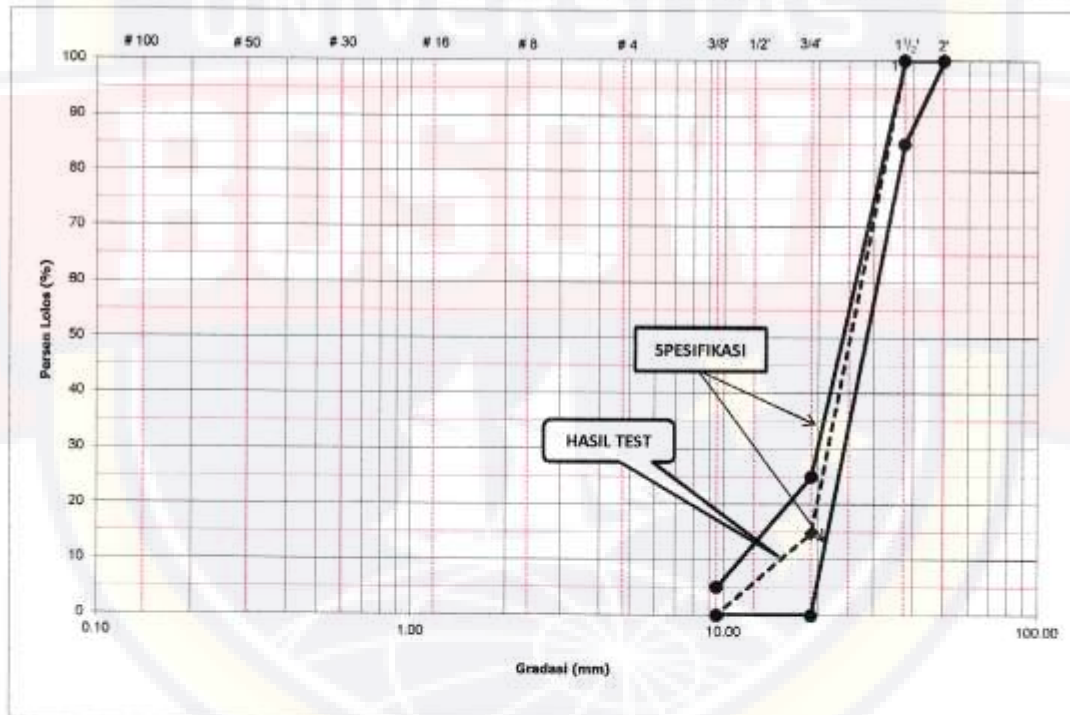


LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
 JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
 (ASTM C 33-93 / SNI ASTM C136-2012)

Material : Batu Pecah 2-3 cm
 Tanggal : 28 Januari 2017
 Sumber :

No. Saringan	Total : 2484.8			Total : 2457.8			Total : 2500.7			Rata-Rata % Lolos	Spesifikasi 2010 Revisi 3
	Contoh : 1			Contoh : 2			Contoh : 3				
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos		
2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100
1 1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	85 - 100
3/4"	2132.40	86.51	13.49	1972.00	80.23	19.77	2219.10	88.74	11.26	14.84	0 - 25
1/2"	2462.00	99.89	0.11	2440.50	99.30	0.70	2483.20	99.30	0.70	0.51	-
3/8"	2462.00	99.89	0.11	2455.10	99.89	0.11	2499.50	99.95	0.05	0.09	0 - 5
3/16"	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-
No. 8	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-
No. 16	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-
No. 30	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-
No. 50	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-
No. 100	2462.00	99.89	0.11	2455.50	99.91	0.09	2499.80	99.96	0.04	0.08	-



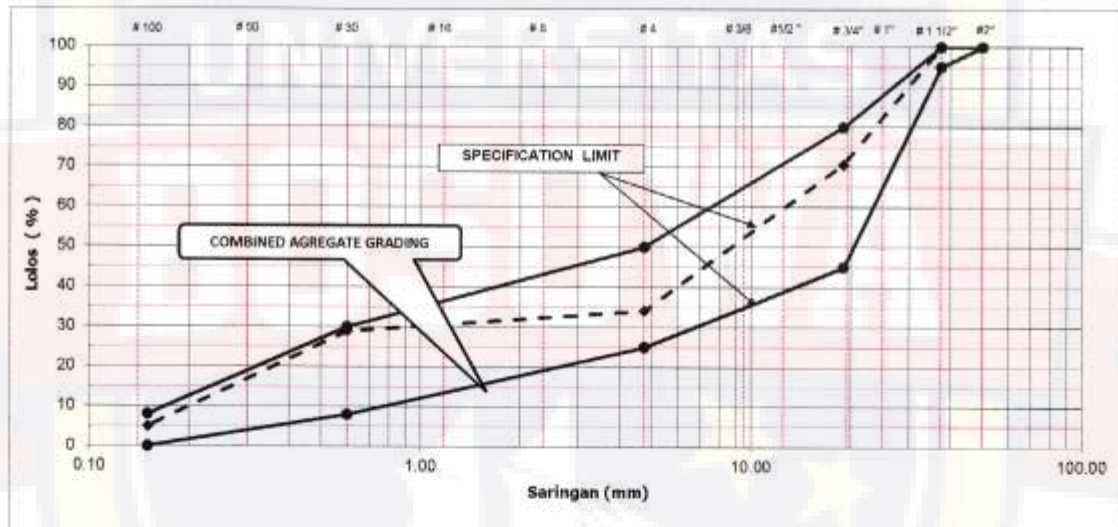


LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
 JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

**GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT
 (COMBINED)
 (ASTM C 33-93 / SNI ASTM C136-2012)**

Material : Penggabungan Agregat
 Tanggal : 13 Februari 2017

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat BETON (Maksimum Nominal 20 mm)											Spesifikasi 2010 Revisi 3	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
2"	100	100	100		100.0												100
1 1/2"	100	100	100		100.0												95 - 100
3/4"	99.07	14.84	100		70.7												45 - 80
No. 4	3.28	0.08	100		34.1												25 - 50
No. 30	0.84	0.08	86.74		28.9												8 - 30
No. 100	0.19	0.08	14.67		4.9												0 - 8
Rasio Komposisi Agregat (% Terhadap Total Agregat)	a. Batu pecah 1-2 cm				33												
	b. Batu pecah 2-3 cm				34												
	c. Pasir				33												
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)																	





LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

(PB - 0203 - 76 / SNI 1970 : 2008)

Material : Pasir
 Tanggal : 29 Januari 2017
 Sumber :

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500	500	500
Berat benda uji kering oven B_k	495.2	491.4	493.3
Berat Pknometer diisi air (25°C) B	670.9	662.2	666.6
Berat pknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	981.9	973.2	977.6

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.62	2.60	2.61
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.65	2.65	2.65
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.69	2.72	2.71
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	0.97	1.75	1.36



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2008)

Material : Batu pecah 1-2 cm
Tanggal : 26 Januari 2017
Sumber : Bili-bili

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2408.2	2404.2	2406.2
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2462.6	2458.8	2460.7
Berat benda uji didalam air	B_a	1501.4	1500.0	1500.7

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.51	2.51	2.51
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.56	2.56	2.56
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.66	2.66	2.66
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.26	2.27	2.26



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2008)

Material : Batu pecah 2-3 cm
Tanggal : 26 Januari 2017
Sumber : Billi-billi

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2468.7	2465.5	2467.1
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2507.0	2502.0	2504.5
Berat benda uji didalam air	B_a	1547.0	1541.2	1544.1

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.57	2.57	2.57
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.61	2.60	2.61
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.68	2.67	2.67
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1.55	1.48	1.52



LABORATORIUM STUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BOBOT ISI AGREGAT HALUS

(PB - 0204 - 76 / AASHTO T. 19 - 74 / SNI 03 - 4804 - 1998)

Material : Pasir
 Tanggal : 22 Januari 2017
 Sumber : Bili-bili

LEPAS :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container	(A) (gr)	5833	6161	5727
Berat Container + Agregat	(B) (gr)	8922	9321	8761
Berat Agregat (C) = (B) - (A)	(gr)	3089	3140	3094
Volume Container (D)	(cm ³)	2033.04	2096.06	2151.96
Berat Isi Agregat = C/D	(gr/cm ³)	1.519	1.496	1.424
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1.480		

PADAT :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container	(A) (gr)	5833	6161	5727
Berat Container + Agregat	(B) (gr)	9228	9503	9091
Berat Agregat (C) = (B) - (A)	(gr)	3395	3322	3364
Volume Container (D)	(cm ³)	2033.04	2096.06	2151.96
Berat Isi Agregat = C/D	(gr/cm ³)	1.670	1.585	1.563
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1.606		



**LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**PEMERIKSAAN BERAT ISI
(PB - 0204 - 76 / AASTHO T. 19 - 74 / SNI 03 - 4804 - 1998)**

Material : Batu Pecah 1-2 cm

Dikerjakan : Kelompok IV

Tanggal : 27 Januari 2017

Sumber :

LEPAS :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container (A) (gr)		5833	6181	5727
Berat Container + Agregat (B) (gr)		9882	10052	8636
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)		4049	3871	2909
Volume Container (D) (cm ³)		2127.6	2127.6	2127.6
Berat Isi Agregat = C/D (gr/cm ³)		1.903	1.819	1.367
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1.697		

PADAT :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container (A) (gr)		5833	6181	5727
Berat Container + Agregat (B) (gr)		9910	9985	9740
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)		3977	3804	4013
Volume Container (D) (cm ³)		2127.6	2127.6	2127.6
Berat Isi Agregat = C/D (gr/cm ³)		1.869	1.788	1.886
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1.848		



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT ISI
(PB - 0204 - 76 / AASTHO T. 19 - 74 / SNI 03 - 4804 - 1998)

Material : Batu pecah 2-3 cm

Dikerjakan : Kelompok IV

Tanggal : 27 Januari 2017

Sumber :

LEPAS :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container (A) (gr)		5833	6181	5727
Berat Container + Agregat (B) (gr)		9432	9289	9325
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)		3599	3108	3598
Volume Container (D) (cm ³)		2127,8	2127,8	2127,8
Berat Isi Agregat = C/D (gr/cm ³)		1,692	1,461	1,691
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1,614		

PADAT :

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Container (A) (gr)		5833	6181	5727
Berat Container + Agregat (B) (gr)		9505	9848	9340
Berat Agregat (C) = (B) - (A) (gr)		3672	3665	3613
Volume Container (D) (cm ³)		2127,8	2127,8	2127,8
Berat Isi Agregat = C/D (gr/cm ³)		1,726	1,723	1,698
Berat Isi Rata-rata Agregat (gr/cm ³)		1,716		



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN JUMLAH BAHAN YANG LOLOS SARINGAN NO.200
(PB-0208-76/ SNI 03-4142 -1996)

Tanggal : 26 Januari 2017
 Sumber :

Batu pecah 1-2 cm

NoTest			I	II
Berat Agregat Kering (semula)	gram	A	2500.3	2500.1
Berat Agregat Kering (sesudah di cuci)	gram	B	2485.7	2492.1
Jumlah Bahan Lolos Saringan No. 200	%	$\frac{(A-B)}{A} \times 100$	0.58	0.32
Rata-Rata Jumlah Bahan Lolos Saringan No.200	%		0.45	

Batu pecah 2-3 cm

NoTest			I	II
Berat Agregat Kering (semula)	gram	A	2506.9	2503.6
Berat Agregat Kering (sesudah di cuci)	gram	B	2481.6	2484.8
Jumlah Bahan Lolos Saringan No. 200	%	$\frac{(A-B)}{A} \times 100$	1.01	0.75
Rata-Rata Jumlah Bahan Lolos Saringan No.200	%		0.88	

Agregat Halus :

NoTest			I	II
Berat Agregat Kering (semula)	gram	A	2000	2000
Berat Agregat Kering (sesudah di cuci)	gram	B	1878.9	1886
Jumlah Bahan Lolos Saringan No. 200	%	$\frac{(A-B)}{A} \times 100$	6.06	5.70
Rata-Rata Jumlah Bahan Lolos Saringan No.200	%		5.88	



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN KADAR AIR

(SNI 03-4808-1998)

Material : Pasir
Tanggal : 28 Januari 2017
Sumber :

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2000.4	2000.2
Berat benda uji kering oven	gram	B	1916.3	1933.6
Berat Air	gram	C (A - B)	84.1	66.6
Kadar Air	%	(C/A)*100	4.20	3.33
Kadar Air Rata- rata	%		3.77	

BOSOWA





LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN KADAR AIR

(SNI 03-4808-1998)

Material : Batu Pecah 1-2 cm
Tanggal : 24 Januari 2017
Sumber : Bili-bili

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2000.3	2000.5
Berat benda uji kering oven	gram	B	1965.2	1967.6
Berat Air	gram	$C = (A - B)$	35.1	32.9
Kadar Air	%	$(C/A)*100$	1.75	1.64
Kadar Air Rata- rata		%	1.70	

Material : Batu Pecah 2-3 cm
Tanggal : 28 Januari 2017
Sumber : Bili-bili

			I	II
Berat benda uji	gram	A	2000.5	2001
Berat benda uji kering oven	gram	B	1974.2	1962.9
Berat Air	gram	$C = (A - B)$	26.3	38.1
Kadar Air	%	$(C/A)*100$	1.31	1.90
Kadar Air Rata- rata		%	1.61	



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

RANCANG CAMPURAN BETON
(CONCRETE MIX DESIGN)

Materi : Rancangan Campuran Beton (Mix Design)

Nama : Amiruddin

Tanggal :

Nim : 45 12 041 091

Data :

Slump	=	7 ± 2	cm
Kuat tekan yang diisy (Silinder)	=	20	Mpa
Deviasi Standar (S)	=	-	Mpa
Nilai Tambah (Margin)	=	8.00	Mpa
Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	=	28.00	Mpa
Faktor Air Semen Bebas (Fas)	=	0.53	(Grafik)
Faktor Air Semen Maksimum	=	0.60	(Tabel)
Kadar Air Bebas	=	185	kg/m ³
Kadar Semen Maksimum	=	349	kg/m ³
Kadar Semen Minimum	=	275	(Tabel)
Berat Isi Beton	=	2375	(Grafik)
Berat Agregat Gabungan	=	1840.94	kg/m ³
Berat Agregat Halus	=	644.33	kg/m ³
Berat Agregat Kasar Batu Pecah 1-2	=	460.24	kg/m ³
Berat Agregat Kasar Batu Pecah 2-3	=	736.38	kg/m ³
Berat Jenis Gabungan	=	2.6	kg/m ³

a. Menentukan deviasi standar

Berdasarkan nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu 20 Mpa (silinder), maka :

Deviasi standar (S) tabel modifikasi deviasi stand = -

b. Menghitung nilai tambah (margin)

m = 8 Mpa

c. Menghitung kuat tekan rata-rata

$$F_c = f_c + M$$

$$F_c = 20 + 8.00 = 28.00 \text{ Mpa}$$

d. Menetapkan jenis semen yang digunakan dalam campuran

Jenis semen = Type I (PCC semen bosowa)

e. Menetapkan jenis agregat halus dan agregat kasar

Agregat halus yang digunakan yaitu = Pasir alam

Agregat kasar yang digunakan yaitu = Batu pecah



LABORATORIUM STRUKTUR & BAHAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN SLUMP BETON

(AASTHO T.119-74/ASTM C-143-71/SNI 1972 : 2008)

Tanggal : 06/09/2015

Sumber :

Tinggi Cetakan	(A)	(cm)	30
Tinggi Contoh Benda Uji	(B)	(cm)	15
Besar Slump	(A-B)	(cm)	15
Rata-rata Besar Slump		(cm)	15

BOSOWA



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
 Jln. Urip Sumoharjo Km. 6-Telp. (0411) 462801 – 342789fax (0411)424566.
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: fsipil@yahoo.com

KEKUATAN TEKAN BETON (Silinder)

20 Mpa

Tanggal Tes : 24 s/d 28 Januari 2018

Di Uji : Aminuddin
 Stambuk : 45 12 041 091

No Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Perbandingan Campuran PC : PSR : MR	Sump (mm)	Berat (Kg)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (Cm)	Berat Isi (Kg/Cm3)	Umur (Hari)	Beban Maksimum (KN)	Kekuatan Tekan (MPa)	Syarat Benda Uji (28 hari)	Lohasi	Ket.
I	14-Sep-16		80	12,54	150	300	17662,50		28	372,3	21,06		UNIBOS	
II	14-Sep-16		80	12,58	150	300	17662,50		28	367,6	21,94		UNIBOS	
III	14-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	367,6	22,52		UNIBOS	
IV	14-Sep-16		80	12,58	150	300	17662,50		28	367,6	21,94		UNIBOS	
V	14-Sep-16		80	12,51	150	300	17662,50		28	372,3	21,06		UNIBOS	
VI	14-Sep-16		80	12,59	150	300	17662,50		28	362,7	22,23		UNIBOS	
VII	14-Sep-16		80	12,47	150	300	17662,50		28	362,5	21,66		UNIBOS	
VIII	14-Sep-16		80	12,44	150	300	17662,50		28	367,6	21,94		UNIBOS	
IX	14-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	402,9	22,81		UNIBOS	
X	14-Sep-16		80	12,57	150	300	17662,50		28	367,2	20,79		UNIBOS	
XI	15-Sep-16		80	12,54	150	300	17662,50		28	362,5	21,66		UNIBOS	
XII	15-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	367,2	20,79		UNIBOS	
XIII	15-Sep-16		80	12,56	150	300	17662,50		28	367,6	22,52		UNIBOS	
XIV	15-Sep-16		80	12,40	150	300	17662,50		28	367,6	22,52		UNIBOS	
XV	15-Sep-16		80	12,60	150	300	17662,50		28	392,7	22,23		UNIBOS	
XVI	15-Sep-16		80	12,64	150	300	17962,50		28	428,4	24,25		UNIBOS	
XVII	15-Sep-16		80	12,55	150	300	17662,50		28	418,2	23,66		UNIBOS	
XVIII	15-Sep-16		80	12,56	150	300	17662,50		28	372,3	21,06		UNIBOS	
XIX	15-Sep-16		80	12,51	150	300	17662,50		28	362,7	22,23		UNIBOS	
XX	15-Sep-16		80	12,36	150	300	17662,50		28	367,6	22,52		UNIBOS	
Rata - rata =											21,97			

$f_{ck} = f_{cm} - k \times S$
 $f_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n}$
 $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cm})^2}{n-1}}$
 $f_{ck} = 21,97 - 1,645 (1,5/05 \times 1,06) = 21,97367 \text{ Mpa} > 20 \text{ Mpa}$

Keel : f_{ck} = kuat tekan karakteristik beton
 f_{cm} = kuat tekan rata-rata beton
 k = 1,645 untuk tingkat kepercayaan 95%
 n = jumlah pengujian
 S = standar deviasi
 f_{ci} = nilai hasil uji



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6-- Telp. (0411) 452901 – 342789fax.(0411)424568.
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

HASIL KUAT TEKAN BETON VARIASI ABU SEKAM PADI (SILINDER)

TANGGAL

NAMA : AMIRUDDIN
STAMBUK : 45 12 041 091

NO BENDA UJI	SLUMP (Cm)	BERAT (Kg)	LUAS PENAMPANG (Cm)	UMUR (HARI)	BEBAN MAKSIMUM (KN)	KEKUATAN TEKAN (Mpa)	KET RATA-RATA (Mpa)
CSP A	13.5	12.145	17662.50	28	374	21.17	21.04
CSP B	13.5	12.150	17662.50	28	372	21.06	
CSP C	13.5	12.245	17662.50	28	369	20.89	
CASP1 A	7	11.540	17662.50	28	145	8.21	7.83
CASP1 B	7	11.640	17662.50	28	150	8.49	
CASP1 C	7	11.630	17662.50	28	120	6.79	
CASP2 A	7.5	10.765	17662.50	28	60	3.40	3.21
CASP2 B	7.5	10.792	17662.50	28	60	3.40	
CASP2 C	7.5	10.751	17662.50	28	50	2.83	
CASP3 A	8	9.620	17662.50	28	20	1.13	0.75
CASP3 B	8	9.763	17662.50	28	10	0.57	
CASP3 C	8	9.500	17662.50	28	10	0.57	

Mengetahui :

Kepala Laboratorium Beton

(Eka Yuniarto, ST. MT)

NIDN :

DOKUMENTASI

PERSIAPAN MATERIAL



PENIMBANGAN AGGREGAT



ANALISA SARINGAN



PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR



PENGUKURAN CONTAINER



PENIMBANGAN CONTAINER



PENGGORENGAN AGGREGAT/PENGERINGAN



ABU SEKAM PADI



PENYARINGAN ABU SEKAM PADI



PENCAMPURAN MATERIAL BETON



PENCAMPURAN BETON



PENGUKURAN NILAI SLUMP



PENAKARAN ZAT ADDITIVE SUPERPLASTICIZER



PENAMBAHAN ZAT ADDITIVE SUPERPLASTICIZER



PENIMBANGAN SAMPEL BETON



UJI KUAT TEKAN

