

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ALUMINIUM
LIMBAH MESIN BUBUT TERHADAP
KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

DENY EKA HERMAWAN
0110610026 - 61

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
MALANG
2007**

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ALUMINIUM LIMBAH MESIN BUBUT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas Akhir
Dan Memenuhi Syarat – Syarat Untuk Mencapai Gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

DENY EKA HERMAWAN
NIM : 0110610026 - 61

Telah Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing

Retno Anggraini, ST., MT.
NIP. 132 304 629

Ari Wibowo, ST., MT.
NIP. 132 283 304

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ALUMINIUM LIMBAH MESIN BUBUT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Disusun Oleh :

DENY EKA HERMAWAN
NIM : 0110610026 - 61

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
Pada tanggal 9 Agustus 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Ristinah Syamsuoddin, MT.
NIP. 130 531 843

Retno Anggraini, ST., MT.
NIP. 132 304 629

Ari Wibowo, ST., MT.
NIP. 132 283 304

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sipil

Ir. As'ad Munawir, MT
NIP : 131 574 850

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila terdapat di dalam SKRIPSI ini terdapat unsur – unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Sarjana Teknik) dibatalkan., serta diproses sesuai dengan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Malang, Agustus 2007

Mahasiswa,

Nama : Deny Eka Hermawan

NIM : 0110610026

Jurusan : Sipil

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah - Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul ” Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut Terhadap Kuat Tekan Beton”.

Skripsi ini disusun berdasarkan pengamatan dan penelitian yang dilakukan dilaboratorium selama kurang lebih 3 bulan. Penelitian-penelitian terdahulu dan literatur yang ada sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Pada kesempatan ini, saya menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah memberikan dukungan, baik moril maupun materiil
2. Ibu Retno Anggraini, ST.,MT selaku dosen pembimbing skripsi
3. Bapak Ari Wibowo, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi
4. Ibu Ir.Ristinah Syamsoeddin, MT. selaku dosen penguji
5. Bapak Ir. M.Zainul Arifin,.MT selaku dosen wali
6. PT. Semen Gresik. Tbk yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas yang mendukung penelitian saya.
7. PT. Sirkah Purbantara Utama, Krian yang telah memberikan bantuan material dan pengetahuan lapangan yang sangat berharga bagi saya
8. Teman-teman di Sipil Brawijaya terutama angkatan 2001
9. Rekan-rekan dan pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu selama proses penelitian hingga terselesaikannya laporan skripsi ini

Penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu segala saran dan kritik sangat saya harapkan, agar tercapai hasil yang lebih baik. Harapan saya semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2007

Penyusun

RINGKASAN

Deny Eka H. 2007. **Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut terhadap Perilaku Kuat Tekan Beton**. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil., Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
Pembimbing : Retno Anggraini ST., MT. dan Ari Wibowo ST., MT.

Perkembangan beton saat ini telah banyak mengalami kemajuan, banyak cara diterapkan untuk mengatasi kelemahan beton. Penggunaan serat pada konstruksi beton diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanik beton khususnya kuat tarik beton. Pemanfaatan limbah mesin bubut aluminium menjadi salah satu cara memperbaiki sifat mekanik beton tersebut. Diharapkan pemanfaatan limbah ini bisa meningkatkan nilai ekonomis dari serat aluminium tersebut sehingga bisa berguna lebih lanjut. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat tekan beton.

Serat aluminium (gram) merupakan hasil limbah mesin bubut yang selama ini belum dimanfaatkan secara baik. Sedangkan hasil limbah aluminium semakin hari semakin banyak. Salah satu pemanfaatan limbah ini adalah dengan menambahkan kedalam beton, dengan tujuan dapat mengurangi sifat getas beton dan meningkatkan ketahanan retak awal.

Pada penelitian ini digunakan benda uji silinder sebanyak 5 buah untuk masing-masing variasi dengan diameter 15 cm tinggi 30 cm, dengan variasi penambahan serat aluminium 0%, 1%, 2%, dan 3%. Mutu beton yang disyaratkan adalah 20 MPa dan penambahan serat sebesar prosentase dari volume total campuran. Perhitungan kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan serat aluminium limbah mesin bubut pada beton, menimbulkan efek berupa pengembangan volume beton. Hal ini karena terjadi reaksi oksidasi antara aluminium dengan campuran semen. Ini mengakibatkan beton mengembang sehingga menimbulkan banyak rongga-rongga udara didalam beton yang mengakibatkan beton menjadi nampak keropos. Pengembangan beton mengakibatkan penurunan berat isi, bila beton normal berat isinya mencapai 2473 kg/m^3 . Maka terjadi penurunan berat isi beton karena penambahan serat aluminium terhadap beton normal untuk variasi serat 1 % sebesar 1.62 %, variasi serat 2 % sebesar 8.82 %, variasi serat 3 % sebesar 9.75 %. Penurunan berat isi beton ini sangat besar bahkan hampir mencapai 10 % dari berat isi beton normal.

Penurunan berat isi beton, diikuti juga penurunan kuat tekan beton. Ini kaitannya karena beton yang terjadi secara visual nampak keropos. Untuk beton normal kuat tekannya mencapai 30.799 Mpa, sedangkan penambahan serat aluminium menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan beton yang sangat besar, bahkan melebihi 50% dari kuat tekan beton normalnya. Untuk variasi serat 1% sebesar 58.54%, variasi serat 2% sebesar 67.94% dan variasi serat 3% sebesar 63.41%. Penurunan berat isi beton yang terjadi mempengaruhi kuat tekan beton. Beton serat tersebut menjadi lebih ringan dari beton normal tetapi masih tergolong beton normal, karena beratnya masih masuk dalam beton normal yaitu lebih besar dari 1850 kg/m^3 .

DAFTAR ISI

JUDUL	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
RINGKASAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton.....	3
2.2 Beton Fiber.....	6
2.3 Beton dengan Fiber Metalik.....	8
2.4 Kuat Tekan Beton.....	10
2.5 Semen.....	11
2.6 Agregat.....	13
2.6.1 Agregat halus.....	13
2.6.2 Agregat kasar.....	14
2.7 Air.....	15
2.8 Aluminium.....	15
2.9 Aluminium dan Beton.....	16
2.10 Hipotesis Penelitian.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Bahan dan Peralatan.....	18

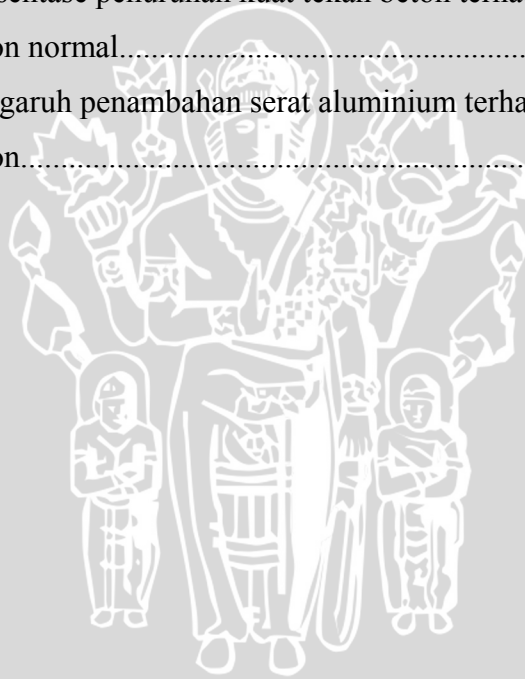
3.3	Analisis Bahan yang Digunakan.....	18
3.4	Rancangan Penelitian.....	19
3.5	Pengujian Bahan Dasar.....	19
3.6	Metode Pencampuran Fiber dalam Beton.....	21
3.7	Prosedur Kerja Penelitian.....	22
3.8	Diagram Pengerjaan Penelitian.....	23
3.9	Variabel Penelitian.....	24
3.10	Identifikasi Benda Uji.....	24
3.11	Uji Kuat Tekan Beton.....	24
3.12	Pengumpulan dan Pengambilan Data.....	25
3.13	Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Analisa Bahan yang Digunakan	26
4.1.1	Semen.....	26
4.1.2	Air.....	27
4.1.3	Agregat Halus.....	27
4.1.4	Agregat Kasar.....	39
4.1.5	Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut.....	31
4.2	Campuran Beton.....	31
4.3	Pengujian Beton Segar.....	33
4.4	Perawatan Beton.....	35
4.5	Pengujian Beton Keras.....	35
4.5.1	Kuat Tekan Beton.....	36
4.5.2	Data Kuat Tekan Beton.....	37
4.6	Pengujian Hipotesis.....	42
4.7	Analisis Regresi.....	45
4.8	Pembahasan	46
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis dan sifat serat yang sering digunakan.....	7
Tabel 2.2	Komposisi semen PC I.....	11
Tabel 2.3	Sifat fisik aluminium murni.....	16
Tabel 2.4	Sifat mekanik aluminium murni.....	16
Tabel 3.1	Jumlah benda uji.....	24
Tabel 4.1	Bahan yang terkandung pada semen type I.....	26
Tabel 4.2	Hasil pemeriksaan agregat halus.....	27
Tabel 4.3	Hasil analisis gradasi agregat halus.....	28
Tabel 4.4	Hasil pemeriksaan agregat kasar.....	29
Tabel 4.5	Hasil analisis gradasi agregat kasar.....	30
Tabel 4.6	Hasil pengujian berat jenis aluminium.....	31
Tabel 4.7	Kebutuhan serat aluminium untuk 5 silinder.....	31
Tabel 4.8	Perhitungan mix design.....	32
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Rata-rata Slump.....	34
Tabel 4.10	Prosentase Penurunan Berat Jenis Beton terhadap beton normal..	34
Tabel 4.11	Berat Benda Uji.....	36
Tabel 4.12	Hasil pengujian nilai kuat tekan beton.....	37
Tabel 4.13	Prosentase penurunan kuat tekan beton terhadap kuat tekan Beton normal.....	41
Tabel 4.14	Analisa varian satu arah terhadap kuat tekan beton.....	42
Tabel 4.15	Analisa varian satu arah pada variasi penambahan serat.....	43
Tabel 4.16	Tabel Statistik.....	43
Tabel 4.17	Analisa Varian Satu Arah.....	44

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 3.1	Pencampuran fiber kedalam mixer.....	22
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat halus.....	28
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat kasar.....	30
Gambar 4.3	Grafik berat isi beton.....	35
Gambar 4.4	Grafik hubungan kuat tekan beton terhadap variasi penambahan Serat aluminium.....	39
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara variasi serat aluminium terhadap Kuat tekan beton.....	40
Gambar 4.6	Grafik prosentase penurunan kuat tekan beton terhadap kuat Tekan beton normal.....	41
Gambar 4.7	Grafik pengaruh penambahan serat aluminium terhadap kuat Tekan beton.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran I	Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus.....	L-1
Lampiran II	Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	L-3
Lampiran III	Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus	L-6
Lampiran IV	Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar	L-7
Lampiran V	Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar.....	L-9
Lampiran VI	Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar	L-11
Lampiran VII	Tabel perencanaan Mix Dsign	L-12
Lampiran VIII	Rancangan kebutuhan Material	L-15
Lampiran IX	Tabel Standar spesifikasi Semen	L-20
Lampiran X	Hasil Pengujian Serat Aluminium	L-20
Lampiran XI	Pengujian Slump Test.....	L-21
Lampiran XII	Perhitungan kuat tekan beton usia 28 hari.....	L-23
Lampiran XIII	Peralatan penelitian.....	L-24
Lampiran XIV	Hasil perhitungan Spss	L-26
Lampiran XV	Dokumentasi penelitian.....	L-27

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bertambahnya kebutuhan bangunan mendorong peningkatan permintaan terhadap beton sebagai bahan utama suatu bangunan. Beton didapat dengan mencampurkan semen, agregat (*aggregate*) halus, agregat kasar, air, dan kadang-kadang campuran lain. Bila baja ditempatkan di dalam beton, massa akhirnya mengeras menjadi beton bertulang. Kekuatan beton tergantung dari banyak faktor: proporsi dari campuran dan kondisi temperatur dan kelembaban dari tempat di mana campuran tersebut diletakkan dan mengeras.

Tiga jenis bahan yang paling sering digunakan untuk bangunan adalah kayu, baja, dan beton bertulang. Bahan-bahan yang ringan seperti aluminium dan plastik juga semakin umum dipakai. Bertambahnya permintaan terhadap beton mendorong pembuatan beton yang dicampurkan dengan bahan lain untuk meningkatkan kekuatan beton itu sendiri, selanjutnya beton itu dikenal sebagai beton *fiber*. Beton mempunyai sifat yang khas yaitu kekuatan tarik beton yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya sekitar 9 % - 15 % .

Beberapa penelitian di negara maju telah berusaha memperbaiki sifat – sifat beton dengan menambahkan serat kedalam adukan beton. “ Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat yang disebarkan secara acak ataupun merata kedalam adukan beton. Bahan serat yang dapat dipakai dalam adukan beton tersebut antara lain, baja (*steel*), plastik (*polypropelene*), kaca (*glass*) dan karbon (*carbon*). Untuk keperluan non struktural dapat dipakai fiber dari bahan alamiah seperti ijuk, sabut kelapa, goni atau serat tumbuhan yang lain.

Suhendro (1991) “ menunjukkan dengan penambahan serat bendrat lurus dengan panjang 60 mm dan diameter 1 mm sebagai alternatif pemakaian beton serat lokal sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan sekitar 5 % dan kuat tarik belah sekitar 50% terhadap beton.

Dengan adanya penelitian yang melibatkan berbagai macam serat bahan (*fiber*) terhadap campuran beton dan berdasarkan ide untuk menulangi beton dengan serat baik secara merata maupun secara acak kedalam adukan beton. Maka timbul pemikiran bagi penulis untuk mengadakan suatu penelitian terhadap pengaruh penambahan serat aluminium limbah mesin bubut terhadap kuat tekan beton.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini, perumusan masalah yang melatar belakangi penelitian yang akan dilakukan adalah bagaimana pengaruh penambahan serat limbah aluminium terhadap kekuatan tekan beton dibandingkan dengan kuat tekan beton normal.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pemanfaatan serat aluminium limbah mesin bubut, dalam hal ini pengaruhnya terhadap kuat tekan beton

Dalam penelitian ini diharapkan diperoleh kurva hubungan kuat tekan beton terhadap variasi prosentase serat aluminium pada campuran beton.

1.4 Batasan Masalah

Dalam Penelitian ini, penulis memberi batasan masalah dengan maksud agar tujuan penulis dapat tercapai dan dipahami. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari limbah aluminium mesin bubut Laboratorium Proses Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Tidak ada perlakuan khusus terhadap serat aluminium.
3. Tidak dilakukan perhitungan mengenai analisa ekonomi.
4. Penelitian hanya pada material betonnya saja

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang penggunaan serat aluminium dalam campuran beton terhadap perilaku kuat tekan beton. Disamping itu juga untuk memberi nilai tambah kegunaan pemanfaatan serat aluminium dari hasil proses pembubutan aluminium pada industri kerajinan atau bengkel aluminium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari bahan yang berupa air, semen, pasir, dan kerikil. Semen adalah suatu bagian dari beton yang berfungsi untuk merekatkan pasir dan kerikil, sedang air sebagai katalisator. Kita tahu bahwa semen adalah suatu bahan yang bersifat hidrolis, artinya akan mengeras jika bereaksi dengan air.

Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Untuk menjamin agar beton yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang diinginkan, dianjurkan agar agregat diuji terlebih dahulu, kemudian membuat uji coba beton atau campuran beton setelah *mix design* dilakukan.

Kekuatan beton sangat tergantung pada kekuatan agregat campuran beton dalam hal ini pasir sebagai agregat halus dan kerikil sebagai agregat kasar. Secara lengkap fungsi agregat dalam beton adalah :

1. Menghemat pemakaian semen untuk mendapatkan beton yang murah.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi penyusutan pada perkerasan beton
4. Gradasi agregat yang baik menghasilkan beton yang padat

Sifat umum yang ada pada beton adalah sebagai berikut (Wuryati dan Candra,2001):

a) Kemampuan dikerjakan (*workability*)

Workability adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas.

b) Sifat tahan lama (*durability*)

Merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian, antara lain ketahanan terhadap cuaca, ketahanan terhadap pengaruh zat kimia dan ketahanan terhadap erosi.

c) Sifat kedap air

Untuk mendapatkan beton yang kedap air, perbandingan air semen harus direduksi seminimal mungkin sejauh kemudahan pekerjaan masih tercapai dan air cukup untuk keperluan hidrasi semen.

d) Kekuatan beton

Kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal yaitu faktor air semen dan kepadatan, Beton memiliki kuat tekan tinggi tetapi memiliki segi-segi yang kurang menguntungkan antara lain kuat tariknya rendah, perubahan suhu akan mengakibatkan adanya muai susut pada beton yang akan mengakibatkan retak rambut pada beton, penyusutan kering dan perubahan kadar air, perubahan bentuk yang ditimbulkan oleh rayapan beton dan kerapatannya dalam air yang berhubungan dengan perlindungan terhadap karat pada tulangan beton.

Beton yang dewasa ini merupakan bahan konstruksi yang sangat umum, mempunyai sifat khas yaitu mampu memikul gaya tekan yang besar. Dalam perkembangannya, beton antara lain digabungkan dengan bahan konstruksi lain untuk menutupi kelemahan-kelemahan beton antara lain terhadap gaya tarik.

Secara singkat dapat disebutkan factor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain:

- Mutu semen Portland
- Perbandingan adukan beton
- Susunan agregat halus dan kasar
- Pengaruh faktor air semen
- Umur beton
- Proses pembuatan dan *quality control*nya
- Suhu

Beton dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan berat volumenya yaitu beton ringan, beton normal dan beton berat. Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang mempunyai kepadatan seperti yang diinginkan. Agregat ringan akan membentuk beton dengan berat volume ringan.

Terminologi ASTM C.125 mendefinisikan bahwa agregat ringan adalah agregat yang digunakan untuk menghasilkan beton ringan, meliputi batu apung (*pumice*), *scoria*, *vulkanik cinder*, *tuff*, *diatomite*, *expanded* atau hasil pembakaran lempung. Agregat berat didefinisikan sebagai agregat yang mampu menghasilkan beton dengan kepadatan tinggi seperti *barite*, *magnite*, *limonite*, besi atau biji besi. Agregat normal adalah agregat yang mampu menghasilkan beton normal.

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu-bara, dan banyak hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaannya berkisar antara $1400 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur beton 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa. SNI memberikan batasan kriteria beton ringan sebesar 1900 kg/m^3 .

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar, biasanya lebih dari 4,0 dibandingkan dengan agregat biasa dengan berat jenis 2,6.

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi bila kekuatan tekannya mencapai 40 Mpa. Beton yang mempunyai berat isi yang tinggi biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya. Sebenarnya sudah sejak lama beton mutu tinggi berhasil diproduksi untuk pekerjaan-pekerjaan khusus di beberapa negara maju. Tahun 1941, di Jepang sudah diproduksi beton dengan kekuatan 60 Mpa digunakan untuk panel cangkang beton pracetak sebuah terowongan kereta api. Di Eropa beton dengan kekuatan 60 Mpa digunakan untuk struktur jembatan berbentuk panjang

Semen yang dipakai dalam campuran adalah harus dipilih dari 5 tipe semen menurut kebutuhan konstruksi, diusahakan disimpan di tempat yang kering. Pasir dan kerikil harus bergradasi baik, dalam arti bahwa bidang kosong antara kerikil dapat diisi dengan pasir sehingga didapat susunan yang padat. Pada

umumnya pasir dan kerikil tidak boleh mengandung bahan reaktif alkali dan bahan organik yang dapat merusak beton maupun penyusunnya.

Air yang dipakai secara umum syaratnya adalah *drinkable* atau dapat diminum, karena air yang tidak dapat diminum pada umumnya mengandung bahan yang dapat merusak beton, misalnya air limbah dan sebagainya.

2.2 Beton Fiber

Fiber Reinforced Concrete didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah fiber yang disebar secara *random* dalam adukan. penambahan *fiber* adalah untuk memberikan tulangan pada beton yang fungsinya untuk mencegah terjadinya retakan pada beton didaerah tarik akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut atau pengaruh hidrasi. Kuat tarik beton dipengaruhi oleh bentuk *fiber* dan jumlah yang digunakan. (Safrin Zuraida ;2002)

Berdasarkan ACI R-82, beton fiber didefinisikan sebagai beton yang dibuat dengan semen hidrolis, terdiri dari agregat tajam dan kasar, dan serat-serat putus-putus ukuran yang berbeda. Fungsi serat adalah untuk memperkuat kekuatan tarik dengan memperlambat pertumbuhan crack, dan untuk meningkatkan sifat liat dengan mentransmisikan tegangan melintang garis patahan sehingga ada tambahan deformasi yang terjadi pada tegangan hancur dibandingkan untuk beton tanpa serat.

Jumlah dari *fiber* yang digunakan cukup sedikit, yakni 1%-5% dari volume total. Dan untuk perkuatan yang lebih efektif pada kuat tarik, penambahan deformasi dan modulus elastisitas, diperlukan lebih banyak lagi.

Dengan mencampurkan *fiber* ke dalam beton, para ilmuwan telah mengembangkan material yang elastis, lebih ringan, awet, dan tidak mudah retak. Beton hasil pengembangan tersebut sudah digunakan di Jepang, Korea, Swiss, dan Australia. Beton itu akan segera digunakan pertama kalinya di Amerika Serikat. (KOMPAS Cyber Media - Sains & Teknologi.htm, 08-05-2005, 0104 WIB)

Jenis jenis *fiber* yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat beton adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), polimer (*polymers*), asbes dan karbon. Untuk keperluan nonstruktural dapat digunakan *fiber* alami yaitu *fiber* dari bahan tumbuhan seperti ijuk, sabut kelapa, bambu, rami (ACI, 1982:544). Setiap jenis *fiber* mempunyai kelebihan dan kekurangan, masing-masing tergantung dari tujuan pemakaiannya

Tabel 2.1 Jenis dan sifat serat yang sering digunakan

Serat	Diameter μm	Density 10^3kg/m^3	Modulus elastis (Gpa)	Kuat tarik (Gpa)	Panjang saat putus
Asbestos	0.02-20	2.25	165	3-4.5	2-3
Glass	9-15	2.60	70-80	2-4	2-3.5
Graphite	8-9	1.9	240-415	1.5-2.6	0.5-1.0
Steel	5-500	7.84	200	0.5-2.0	0.5-3.5
Polypropylene	20-200	0.91	5-77	0.5-0.75	20
Kevlar	10	1.45	65-133	3.6	2.1-4.0
Sisal	10-50	1.5	-	0.8	3.0
Cement matrik	-	2.5	10-45	$3-7 \times 10^3$	0.02

(Sumber ; Mindess S. Young F. JCE & EMS, dikutip dari : Abdul Baasir Samudin)

Berdasarkan Tabel diatas maka serat dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, diantaranya :

a. Serat metalik

Serat yang digunakan biasanya serat baja karbon atau serat baja tahan karat. Panjang serat kurang dari 75 mm. Rasio panjang terhadap diameter serat 30 – 100 mm. Serat ini dikategorikan bentuk lurus, berulir, ujung bengkok, dan berbentuk tidak beraturan. Adanya ulir dan pembengkokan ujung membantu ikatan serat.

b. Serat polimerik

Serat sintetik polimerik diproduksi sebagai hasil pengembangan industri petrokimia dan tekstil. Tipe serat yang telah dicoba dalam beton berserat diantaranya acrylic, aramid, nilon, polyethylene, dan polypropylene. Semua serat punya kuat tarik sangat tinggi, kecuali aramid punya modulus elastisitas rendah.

c. Serat karbon

Serat ini hasil produksi petroleum dan batubara. Serat karbon lebih mahal dari serat lain, tapi punya potensi besar untuk beton yang perlu kuat tarik dan kuat lentur tinggi.

d. Serat gelas

Panjang serat ini 100 mm. Diproduksi dengan meniupkan udara padat atau uap bahan gelas yang dilelehkan. Untuk serat yang lebih panjang dengan penghembusan disertai dengan memutar bahan gelas yang leleh. Serat ini lebih murah, tetapi tidak dapat dicampur secara baik dalam beton

e. Serat natural

Serat yang pertama kali digunakan sebagai bahan campuran beton, seperti jerami atau bulu kuda (Eropa). Selain itu ada serat bambu, kayu, sifat serat ini mudah hancur dalam lingkungan alkali.

2.3 Beton dengan Fiber Metalik

Korosi adalah proses perubahan sifat mekanik pada logam akibat bereaksi dengan zat lain. Korosi pada beton dengan fiber metalik sangat mungkin terjadi. Robinson Sidjabat dalam penelitiannya dengan judul KOROSI TULANGAN BAJA PADA BETON MUTU TINGGI YANG DIPERKUAT DENGAN SERAT KAWAT BAJA, Penelitian ini memberikan gambaran tentang hal peningkatan kuat tarik beton, dimana terjadi peningkatan kuat tarik sebesar 21.698 Z. Juga gambaran tentang korosi pada tulangan baja dengan lingkungan beton yang diperkuat dengan serat kawat baja, menyangkut proses dan laju korosinya. Laju korosi mencapai 0.0086 mmpy untuk model nonretak dan 0.0737 mmpy untuk model retak (waktu ekspose 30 hari).

Tujuan dari perkuatan beton dengan campuran serat adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik serta menghambat tumbuhnya retak awal dan meningkatkan ketahanan dengan menyalurkan tegangan pada daerah yang terjadi retakan, jadi terjadi deformasi yang besar yang memungkinkan melebihi tegangan maksimum daripada beton tanpa serat. Sudarmoko (1991) dalam penelitian beberapa konsentrasi serat mendapatkan hasil bahwa penambahan 1 % serat baja telah meningkatkan beban sisa menjadi sekitar 70 % dari beban ultimit sedang penambahan 1.2 % serat baja, keliatannya meningkat menjadi 215 %.

Menurut A.M. Neville. Jumlah serat yang digunakan termasuk kecil kurang lebih 1% sampai 5 % per volume adukan. Dan untuk perkuatan yang lebih efektif pada kuat tarik, penambahan deformasi dan modulus elastisitas, diperlukan lebih banyak lagi.

Swami dan Al – Ta'an (1981), mengamati bahwa serat akan berpengaruh pada kuat lekat yang selanjutnya berpengaruh pula pada peningkatan sifat mekanik beton yang terbentuk. Pada beton serat berkait, kuat lekatnya 40 % lebih besar beton dengan serat polos/ lurus. Perbedaan peranan kedua jenis serat ini terutama adalah dalam menahan retakan dan keruntuhan benda uji. Oleh karena retakan dan lenturan bergerak antara baja tulangan dan beton, maka peningkatan pada beton serat akibat bentuk serat terkait menahan kemungkinan retak yang terjadi dan lenturan yang berlebihan, serta akan meningkatkan kekakuan balok secara keseluruhan.

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bambang Suhendro dengan menggunakan serat baja. Abdul Basir Samodin (2004) meneliti pengaruh serat baja terhadap kuat lentur, variasi volume *fraction* antara 0% sampai 1%. Hasil yang didapatkan adalah peningkatan kapasitas lentur balok sebesar 26.0261% pada volume fraction 0.75%.

Qomariah (2001), dalam penelitiannya dengan menggunakan serat serpihan baja ukuran lebar 1 mm, panjang 30 mm dan lebar 2 mm, panjang 30 mm, konsentrasi serat yang ditambahkan pada beton dengan volume 2 % dari volume adukan, meningkatkan kuat tekan 1 % sampai dengan 3 %, kuat tarik 10 % sampai 20 %, dan modulus elastisitas sampai dengan 44 %. Sedangkan beberapa peneliti seperti Bambang Suhendro(1991 – 1992) dan Sudarmoko (1991) yang mempergunakan serat baja maupun serat bendrat telah mendapatkan nilai optimal untuk volume *fraction* 0.5% hingga 1%.

Penelitian oleh T.A. Iwan Irawan terhadap beton dengan mutu K 175 dengan penambahan serat baja, meliputi pengujian benda uji silinder 150mm x 300 mm dan balok 600mm x 150mm x 150mm. Hasil pengujian meliputi kuat tekan, kuat lentur serta modulus elastisitas. Hasil yang didapat dari penelitian dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu dari para peneliti. Hasil percobaan menunjukkan bahwa serat baja mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tekan, lentur dan modulus elastisitas beton dibandingkan dengan beton tanpa serat. Ternyata kuat tekan dan modulus elastisitas beton serat mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan beton tanpa serat, kecuali kuat tekan untuk beton serat dengan kadar 0 - 1%. Selain itu juga workability campuran berkurang seiring dengan makin besarnya kadar serat. Sedangkan kuat lentur beton serat lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa serat.

2.4 Kuat Tekan Beton

Berlainan dengan baja yang kuat terhadap tarik, maka beton mempunyai daya tahan terhadap gaya tekan yang besar. Beton disusun dari bahan – bahan utama semen portland, pasir, kerikil, air dan bahan tambahan untuk memberi sifat yang menguntungkan bila hal itu diperlukan untuk perencanaan konstruksi.

Dalam hal ini hubungannya dengan segi kekuatan dan keekonomisan beton. Pembuatan beton sebagai bahan pendukung bangunan sangat bergantung pada banyak faktor. Tidak hanya pada pemilihan bahan dan perbandingan yang tepat dari bahan – bahan penyusun saja tetapi juga cara pelaksanaannya.

Faktor – faktor yang berpengaruh pada kekuatan beton adalah :

1. Mutu semen Portland.
2. Perbandingan adukan beton (banyaknya semen, pasir, kerikil dan air).
3. Kualitas agregat atau gradasi agregat.
4. Faktor air semen.
5. Cara pembuatan betonnya (proses pembuatan serta pematatannya).

Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah sejalan dengan umurnya. Kecepatan pertambahan kekuatan tergantung pada jenis semen. Misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat tekannya pada 24 jam sama dengan portland biasa pada umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus menerus secara lambat sampai beberapa tahun.

Untuk mengetahui kuat tekan beton perlu dilakukan uji tekan yang dilakukan terhadap benda uji sampai benda uji tersebut mengalami kehancuran. Pengujian ini relatif lebih mudah dilaksanakan dan murah biayanya.

Besarnya kuat tekan dari benda uji dapat dicari dengan menggunakan rumus

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

dengan : f_c' = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = gaya tekan beton (kg)

A = luas penampang hancur benda uji (cm^2)

Perlu dipahami bahwa kekuatan beton pada struktur aktual tidak dapat sama dengan kekuatan benda uji. Hal ini dimungkinkan mengingat bahwa kuat tekan

dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk pada struktur serta tidak mungkin dapat dirancang keadaan pada benda uji yang sama persis dengan struktur yang ada. Jadi hendaknya untuk mencapai mutu beton yang baik, faktor – faktor tersebut harus diperhatikan.

2.5 Semen

Semen secara umum dapat dideskripsikan sebagai material dengan sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan untuk mengikat fragmen mineral menjadi satu kesatuan utuh (Neville, 1981:1). Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang mengeras apabila bereaksi dengan air dan akan memberikan kekuatan pada beton itu sendiri.

Semen Portland di Indonesia menurut SII0013 – 81 dibagi menjadi lima jenis antara lain :

Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

Jenis II : Semen portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen portland yang penggunaannya menurut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi

Jenis IV : Semen portland yang penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Sifat kimia semen:

Tabel 2.2 Komposisi Semen PC I (A M Neville,1981)

Jenis Pengujian	Hasil pengujian PC /Portland semen jenis 1 (%)
Silikon dioksida (SiO_2)	20
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	6
Ferri Oksida (Fe_2O_3)	3
Kalsium Oksida (CaO)	63
Magnesium Oksida (MgO)	1.5

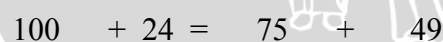
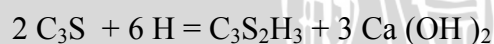
Sulfur Trioksida (SO ₃)	2
Hilang dalam pembakaran	2
Lain-lain	1
Bagian tidak larut	0.5
Alkali (Na ₂ O + K ₂ O)	1
Triokalsium Silikat (C ₃ S)	54.1
Dikalsium Silikat (C ₂ S)	16.6
Triokalsium Aluminate (C ₃ A)	10.8
Tetrapokalsium Aluminate Ferrit (C ₄ AF)	9.1

Semen dalam adukan beton bila bercampur dengan air akan membentuk pasta semen yang akan berfungsi sebagai perekat butir-butir agregat dan mengisi rongga-rongga antara butiran agregat agar terbentuk massa beton yang padat dan kuat. Secara umum, bahan dasar pembuatan semen (*Portland Cement*) berupa batu kapur (*Lime*), silika, alumina dan oksida besi (Neville,1981:8).

Pada semen terjadi proses hidrasi yaitu campuran antara semen dengan air sampai dengan pasta tersebut mengeras. Produk dari hidrasi semen nantinya akan mencapai kestabilan yaitu pada keadaan mengeras, yang ditandai dengan daya larut yang rendah terhadap air. Semen yang telah terhidrasiperlahan akan menjadi keras sampai dengan tahap dimana semen akan tidak bereaksi sama sekali terhadap air.

Reaksi Hidrasi Semen adalah :

C₃S :



C₂S :



Beberapa cara kerja hidrasi semen diperkirakan sebagai berikut :

1. Bahwa produk hasil hidrasi terjadi proses pelapisan, yang terbentuk dari reaksi air yang berpenetrasi terhadap bahan kimia lain.
2. Silikat yang terlarut akan melewati lapisan tersebut dan mempercepat pengerasan yang dikenal sebagai lapisan luar.

3. Kemudian campuran *koloid* akan menjadi keras setelah kondisi *saturated* tercapai.

2.6 Agregat

Pengertian agregat menurut ACI (ACI 116R-90) adalah “Material bijih, seperti pasir, kerikil, batu pecah, pecahan beton semen-hidrolis yang digunakan bersama-sama dengan media semen hidrolis untuk memproduksi salah satu dari beton atau mortar”. Agregat yang baik harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda utuh, homogen, rapat dan agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

2.6.1 Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,8 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 2 jenis

a. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah, atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pasir ini pada umumnya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan. Namun, karena pasir jenis ini diperoleh dengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur kotoran/tanah sehingga harus dicuci dulu sebelum penggunaan

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi. Karena butirannya halus maka baik untuk plesteran tembok. Namun karena bentuk yang bulat itu, daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

Syarat agregat halus yang baik:

1. Tidak mengandung Lumpur lebih dari 5% terhadap berat kering, apabila kadar Lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
2. Gradasi agregat:
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat

- Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80-95% berat

3. Modulus kehalusan (*finess modulus*) = 2,3-3,1 (ASTM C 35-37)

Pengujian pasir meliputi uji analisis saringan dan sifat fisisnya. Yang dimaksud dengan analisa saringan agregat adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka – angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI M-08-1989-F : 1) . Yang dimaksud agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 (4.75 mm) (SNI M-19-1989-F : 1)

Pengujian sifat fisis pasir meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Cara pengujian agregat halus mengikuti standar SNI M-19-1989-F.

2.6.2 Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm, tetapi lolos ayakan 40 mm.

Syarat agregat kasar yang baik adalah:

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering, apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Gradasi agregat:
 - Sisa diatas ayakan 31.5 mm, harus minimum 0% berat
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
3. Modulus kehalusan (*finess modulus*) = 7.49-9.55 (ASTM C 35-37)

Pengujian sifat fisis kerikil meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar menurut SNI-M-09-1989-F .

2.7 Air

Air merupakan salah satu bahan utama campuran beton yang dapat mempengaruhi mutu beton, serta penyebab terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton, sebaliknya apabila air yang digunakan terlalu sedikit proses hidrasi tidak merata.

Syarat-syarat air untuk campuran beton adalah :

1. Air harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan organis atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
2. Beton bertulang tidak boleh mengandung ion klorida. Sebagai pedoman ion klorida (Cl) tidak melampaui 500 mg perliter air.

Ada beberapa persyaratan air sebagai pencampur kontruksi beton antara lain :
(Triono Budi Astanto ; 2001)

1. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter
2. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter
3. tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter
4. tidak mengandung zat organik asam, dan garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram/liter

Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan bisa diminum.

2.8 Aluminium

Aluminium adalah unsur kimia dalam jadual berkala yang mempunyai simbol Al dan nomor atom 13. Aluminium merupakan logam yang lembut dan ringan, dengan warna keperakan yang pudar. Aluminium merupakan salah satu logam yang tahan terhadap karat, karena aluminium merupakan logam yang lambat dalam proses oksidasi. Aluminium merupakan logam yang tidak beracun (dalam bentuk logam), tidak mempunyai daya magnet.. Aluminium mempunyai sifat elastisitas sepertiga dari elastisitas [tembaga](#); yaitu [mudah ditempa](#), [mulur](#), dan mudah dibentuk; dan mempunyai daya tahan [karat](#) serta ketahanan yang sangat baik karena lapisan pelindung oksidanya. Aluminium merupakan logam kedua paling mudah tertempa (setelah [emas](#)) dan keenam paling [mulur](#).

Aluminium mempunyai kekuatan tegangan yang rendah, tetapi sering untuk membentuk [alloy](#) bersama dengan unsur lain seperti tembaga, seng,

magnesium, mangan dan silikon (contohnya, duralumin). Pada saat ini, hampir semua bahan yang dianggap aluminium adalah sebenarnya sejenis *alloy* aluminium. Aluminium hanya ditemui apabila daya tahan terhadap karat lebih diutamakan daripada kekuatan atau kekerasan. Sedemikian juga, istilah *alloy* dalam penggunaan umum masa kini biasanya yang dimaksud *alloy* aluminium.

a. Sifat fisik

Tabel 2.3. sifat fisik aluminium murni

Sifat fisik	Nilai
Massa jenis (20°C)	2.6989
Titik cair	660.2
Panas cair (cal/g. °C)(100 °C)	0.2226
Hantaran listrik (%)	64.94
Koefisien pemuaian (20 – 100 °C)	23.86×10^{-6}

Sumber : Pengetahuan bahan teknik

b. Sifat mekanik

Tabel 2.4. sifat mekanik aluminium murni

Sifat mekanik	Nilai
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	11.6
Kekuatan mulur (0.2%)(kg/mm ²)	11.0
Perpanjangan (%)	5.5
Kekerasan brinell	27

Sumber : Pengetahuan bahan teknik

2.9 Aluminium dan Beton

Saat beton basah tingkat keasaman yang terjadi sangat tinggi $\text{pH} = 12$, sehingga aluminium mengalami korosi. Proses ini secara normal akan berhenti, disebabkan adanya lapisan pelindung yang terbentuk.

Pertama, saat beton basah korosi akan menyerang aluminium, dan hal ini akan berkembang. Selanjutnya klorida pada beton, akan menambah kecepatan pengerasan, atau dari atmosfer akan secara intensif menyerang keduanya dengan meningkatkan konduktivitas permukaan beton, dan memisahkan lapisan pelindung pada aluminium.

Aluminium memerlukan perlindungan, sehingga proses korosi dapat dihindari. Cat, atau zat-zat pelindung lainnya dapat digunakan. Proses anodik dapat diberikan agar terbentuk lapisan pelindung. Namun karena oksida aluminium tidak stabil dalam kondisi alkali dalam beton, maka lapisan dari hasil proses anodik akan rusak. Produk hasil korosi aluminium tebal dan dapat menyebabkan retak pada beton. Sehingga air dapat masuk, dan korosi akan berlanjut.

2.10 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, pemberian serat pada beton memberikan peningkatan pada nilai kuat tekan beton, sehingga dalam penelitian ini diambil hipotesa, bahwa penambahan serat aluminium pada campuran beton memberikan pengaruh meningkatkan kuat tekan beton.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Semen Gresik Tbk.. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan oktober 2006 sampai dengan selesai.

3.2 Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serat limbah aluminium mesin bubut dari Laboratorium Proses Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Semen gresik tipe 1.
3. Air dari PT. Semen Gresik Tbk.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dua set ayakan, terdiri dari ayakan untuk agregat halus dan ayakan untuk agregat kasar.
2. Timbangan.
3. Cetakan silinder diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm.
4. Satu set alat uji slump.
5. Mesin pengaduk campuran beton.
6. Alat perata.
7. Alat uji tekan.
8. Kamera.
9. Gelas ukur.
10. Oven.
11. Keranjang kawat.

3.3 Analisis Bahan Yang Digunakan

3.3.1 Air

Air yang digunakan untuk penelitian ini diambil PT. Semen Gresik Tbk. yang berlokasi di Gresik.

3.3.2 Semen

Semen yang digunakan adalah semen portland yaitu Semen Gresik Tipe I, yang banyak terdapat dipasaran dan paling sering digunakan untuk jenis pekerjaan konstruksi biasa.

3.3.3 Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir tambang yang berasal dari lumajang. Pasir diusahakan dalam kondisi mendekati keadaan yang sebenarnya di lapangan, sehingga tidak perlu dicuci tetapi dijaga dari kotoran organik, lumpur, dan sampah.

3.3.4 Agregat Kasar

Agregat kasar berupa kerikil dari batu pecah, dengan ukuran maksimum butiran 2 cm.

3.3.5 Serat Aluminium

Serat Aluminium yang akan digunakan merupakan limbah mesin bubut. Panjang serat yang digunakan adalah 10–40 mm. Penambahan serat pada campuran sebanyak 1%, 2%, dan 3% terhadap volume beton.

3.4 Rancangan penelitian

Mutu beton adalah $f'_c = 20$ Mpa, komposisi campuran beton dibuat dengan variasi serat aluminium terhadap volume beton yaitu 0%, 1%, 2%, 3%.

Dalam setiap perlakuan dibuat benda uji sebanyak 5 buah benda uji silinder beton. Benda uji tersebut diuji pada umur 28 hari. Jumlah total benda uji adalah 20 buah. Serat aluminium dipotong-potong dengan panjang $\pm 1 - 4$ cm.

3.5 Pengujian Bahan Dasar

Langkah pertama sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan dasarnya terlebih dahulu.

3.5.1 Serat Aluminium

Pengujian yang akan dilakukan pada serat adalah uji berat jenisnya.

- Timbang air sebanyak 100 ml (w_1)
- Masukkan serat aluminium hingga skala pada gelas ukur naik sampai skala 200 ml, dan timbang beratnya (w_2)

- Hitung berat isi aluminium

$$B_j = \frac{w_2 - w_1}{\Delta V}$$

dengan: B_j = Berat isi serat aluminium (gr/ml)

w_1 = Berat 100 ml air dalam gelas ukur (gr)

w_2 = Berat 100 ml air dan 100 ml serat dalam gelas ukur (gr)

ΔV = Perubahan volume = 100 ml

3.5.2 Agregat halus (pasir)

Pengujian pasir meliputi uji analisis saringan dan sifat fisiknya. Yang dimaksud dengan analisa saringan agregat adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka – angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI M-08-1989-F : 1) . Yang dimaksud agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 (4.75 mm) (SNI M-19-1989-F : 1)

Pengujian sifat fisik pasir meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Tujuan dari pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Cara pengujian agregat halus mengikuti standar SNI M-19-1989-F.

Dalam metode ini dilakukan perhitungan :

- Berat jenis curah : $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$
- Berat jenis jenuh kering permukaan : $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$
- Berat jenis semu : $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$
- Penyerapan : $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$

dimana: B_k = berat benda uji kering oven, gram

B = berat piknometer berisi air, gram

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air, gram

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, gram

3.5.3 Agregat kasar (kerikil)

Pengujian yang akan dilakukan pada kerikil adalah uji analisis saringan dan sifat fisisnya. Pengujian analisis saringan dilakukan untuk mengetahui gradasi kerikil. Yang tergolong sebagai agregat kasar adalah butiran yang tertinggal di atas ayakan no. 4 (4.75 mm).

Pengujian sifat fisis kerikil meliputi (1) pengujian berat jenis dan (2) penyerapan. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar menurut SNI-M-09-1989-F sebagai berikut:

- Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

$$\frac{B_k}{B_j - B_a}$$

- Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*)

$$\frac{B_j}{B_j - B_a}$$

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$\frac{B_k}{B_k - B_a}$$

- Penyerapan

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

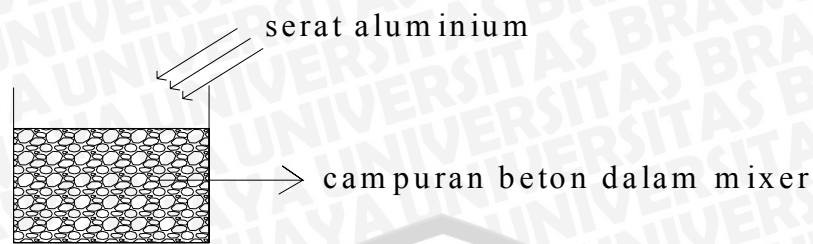
dengan : B_k = berat benda uji kering oven, gr

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, gr

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air, gr

3.6 Metode pencampuran fiber dalam beton

Proses pencampuran dilakukan dalam mixer. Awalnya dengan membasahi mixer dengan air sebanyak 5%-10%. Agregat kasar dan halus dimasukkan dalam mixer dan pengadukan dilakukan selama kurang lebih 30 detik. Kemudian menambahkan air sebanyak 30%-40%, dan selanjutnya adalah menambahkan semen dan sisa air. Setelah pencampuran bahan-bahan di atas maka dilanjutkan dengan memasukkan serat aluminium, dan pencampuran selama 3 menit. Dengan menggunakan mixer dapat dilihat bahwa pencampuran bahan dapat merata, dan serat tidak menggumpal.



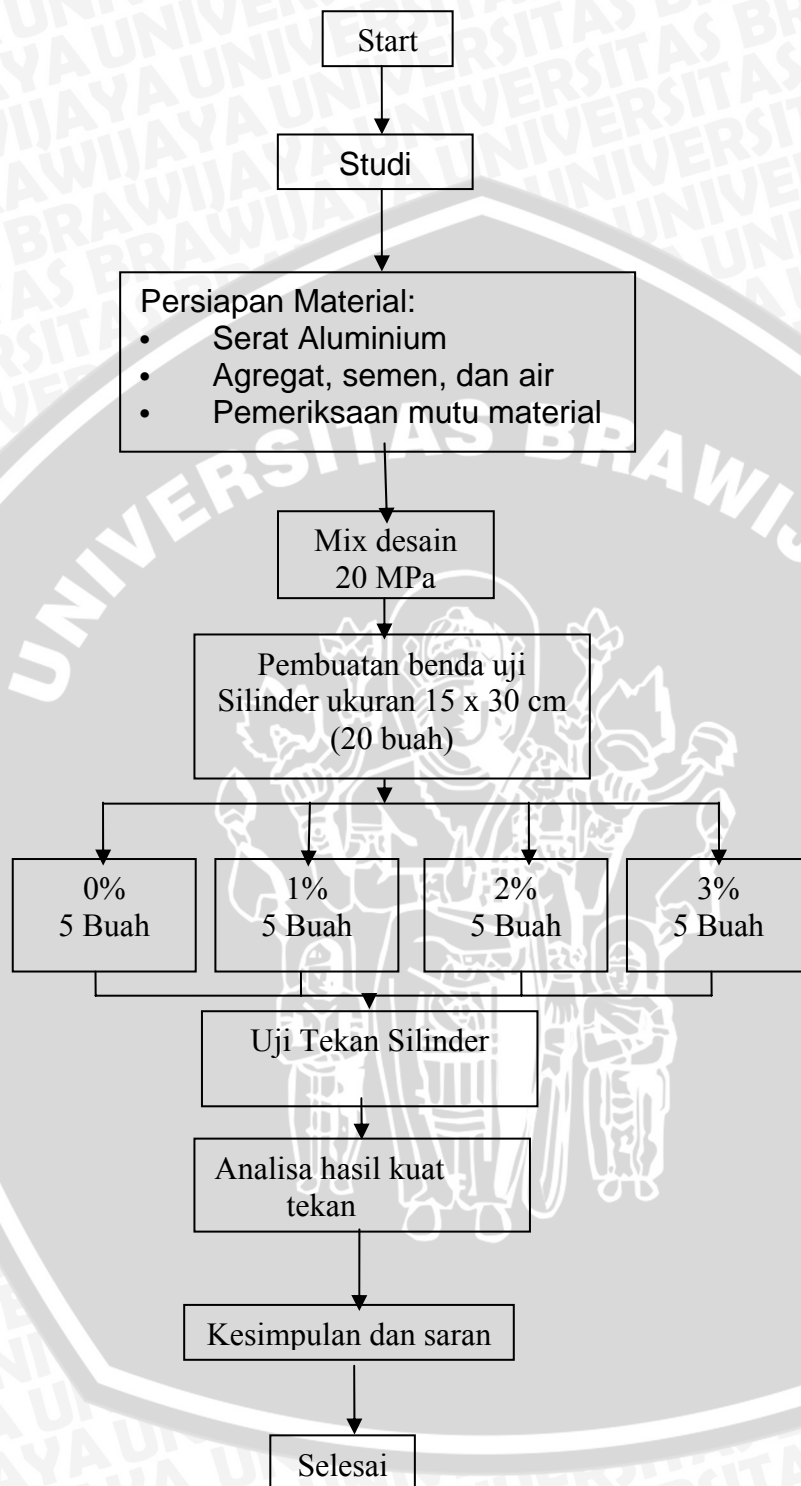
Gambar 3.1. Pencampuran fiber kedalam beton di mixer

3.7 Prosedur kerja penelitian

Prosedur kerja penelitian adalah sebagai berikut :

1. Serat aluminium yang telah diambil dari Laboratorium Proses Produksi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya ditimbang sesuai dengan kebutuhan tiap perlakuan.
2. Agregat yang akan diayak diupayakan dalam keadaan kering, dengan jalan dijemur ataupun memakai oven.
3. Agregat yang telah diayak dipisahkan menurut ukuran tertentu dan ditempatkan terpisah.
4. Setiap ukuran agregat yang telah diayak ditimbang untuk tiap variasi.
5. Timbang semen untuk masing-masing variasi.
6. Sebelum pengadukan, mixer dan semua alat yang dipakai dibasahi terlebih dahulu.
7. Pencampuran bahan adukan beton menggunakan mixer.
8. Banyaknya air yang ditambahkan ditentukan oleh FAS. Air ditambahkan dengan menggunakan timba.
9. Pengujian *slump*
10. Setelah pengujian *slump*, adonan dicetak dalam silinder yang dilumasi oli, dengan menggunakan penggetar ataupun tongkat adukan agar adonan merata memenuhi cetakan serta mengeluarkan udara yang terperangkap.
11. Benda uji dikeluarkan dari cetakan setelah 24 jam dan dimasukkan ke dalam bak rendaman. Benda uji dikeluarkan dari bak rendaman setelah mencapai umur 28 hari lalu dibiarkan kering sampai saat pengujian.
12. Menguji benda uji dengan mesin uji tekan. Hasil pengamatan dicatat.
13. Penggambaran kurva kuat tekan Beton..
14. Analisa data penelitian.

3.8 Diagram Pengerjaan Penelitian



3.9 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terukur:

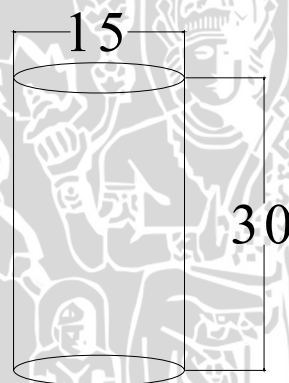
- Variabel bebas : prosentase penambahan serat 0%, 1%, 2%, 3%
- Variabel tak bebas : kuat tekan

3.10 Identifikasi Benda Uji

Dalam penelitian ini digunakan benda uji:

Tabel Jumlah Benda Uji

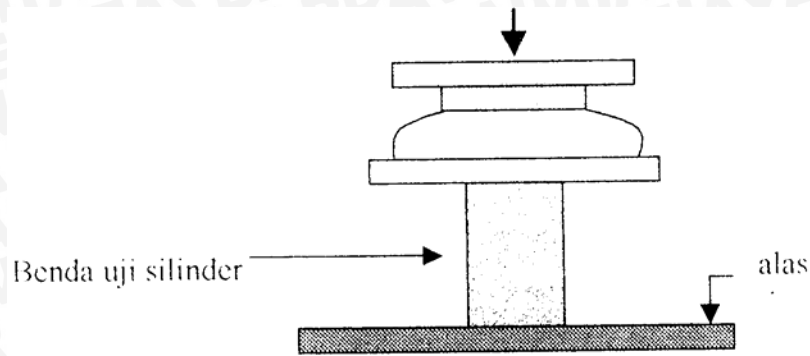
Pengujian	Benda Uji	Jumlah Benda Uji untuk tiap Prosentase Penambahan Serat Aluminium			
		0%	1%	2%	3%
Tekan	Silinder	5	5	5	5



Gambar benda uji

3.11 Uji Kuat Tekan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui mutu dari beton. Dilakukan dengan memberikan gaya tekan aksial terhadap benda uji silinder dengan peningkatan beban yang ditentukan sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besar kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum dengan luas penampang silinder. Dan dari hasil kuat tekan masing-masing benda uji akan dihitung kuat tekan beton rata-rata.



Gambar Uji Tes Tekan Beton

3.12 Pengumpulan dan pengambilan data

Pengumpulan data dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 20 buah silinder beton. Kemudian dilakukan pengujian kuat tekan sampai beton hancur.

Sedangkan untuk pengambilan data adalah dengan cara mencatat besar beban yang diberikan pada benda uji berupa beton silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

3.13 Analisis data

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penggunaan serat aluminium pada campuran beton terhadap kuat tekan beton pada tiap-tiap perlakuan dilakukan analisa regresi terhadap nilai kuat tekan yang diperoleh.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa Bahan yang Digunakan

Pada bagian ini akan disajikan hasil penelitian yang mengacu pada beberapa standar dan peraturan. Standar dan peraturan tersebut misalnya, Standar Nasional Indonesia (SNI), Peraturan Beton Indonesia (PBI '71) dan *American Society for Testing Material* (ASTM).

4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini menggunakan semen Portland type I produksi PT. Semen Gresik.Tbk. dengan pertimbangan semen tersebut sudah merupakan hasil fabrikasi sehingga dianggap sudah memenuhi standard yang ada. Semen ini sudah umum digunakan sehingga tidak perlu diadakan penelitian khusus terhadap semen tersebut dan bisa langsung dipakai. Agar semen tetap dalam keadaan baik maka setelah penggunaan, sisanya disimpan dalam kantong plastik, ditutup rapat agar tidak lembab.

Bahan yang terdapat pada semen type I sebagai berikut:

Tabel 4.1. Bahan yang terkandung pada semen Type I

Jenis Pengujian	SNI	ASTM	HASIL
	15-2049-94	C 150-02	UJI
	PC I	PC I	PC I
Komposisi Kimia:			
Silikon Dioksida (SiO ₂),%	-	-	20,92
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₂),%	-	-	5,94
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃),%	-	-	3,78
Kalsium Oksida (CaO),%	-	-	65,21
Magnesium Oksida (MgO),%	≤ 6,00	≤ 6,00	0,97
Sulfur Trioksida (SO ₃),%	≤ 3,50	≤ 3,50	2,22
Hilang Pijar (LOI),%	≤ 5,00	≤ 3,00	1,35
Kapur Bebas ,%	-	-	0,59
Bagian tidak Larut ,%	≤ 3,00	≤ 0,75	0,43
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O),%	≤ 0,60	≤ 0,60	0,19

Tricalcium Silicate (C ₃ S),%	-	-	57,82
Dicalcium Silicate (C ₂ S),%	-	-	16,36
Tricalcium Aluminate (C ₃ A),%	-	-	8,16
Tetracalcium Aluminate Ferrit (C ₄ AF),%	-	-	11,50

4.1.2 Air

Dalam penelitian ini menggunakan air yang berasal dari pabrik Semen Gresik. Air yang digunakan tidak perlu diuji secara khusus, sebab secara visual dianggap telah memenuhi syarat untuk material penyusun beton. Adapun dasar pemilihan air yang bersih adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan dapat diminum.

4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini adalah pasir alam yang sudah disediakan oleh laboratorium aplikasi semen di Semen Gresik. Adapun pemeriksaan terhadap agregat halus meliputi : analisa saringan, berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan. Setelah dilakukan analisis, didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Nomor Contoh	A
Berat benda uji kering oven (Bk) (gr)	499.8
Berat piknometer diisi air (pada suhu kamar) (B) (gr)	1261.5
Berat piknometer + air (pada suhu kamar) + benda uji (ssd) (Bt) (gr)	1579.6
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) (Bk/(B+500-Bt))	2.748
Berat jenis ssd (500/(B+500-Bt))	2.749
Berat jenis semu (Bk/(B+Bk-Bt))	2.751
Penyerapan (%) ((500-Bk)/Bk x 100%)	1.21

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Dari tabel 4.1 didapat berat jenis agregat adalah 2.749, berdasarkan peraturan ASTM C 128 agregat hasil pengujian merupakan agregat normal karena sesuai dengan berat jenis standard yaitu $2.749 > 2.6$. Nilai absorpsi adalah 1.210 % kurang dari 3 % (ASTM C 128).

Tabel 4.3. Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus

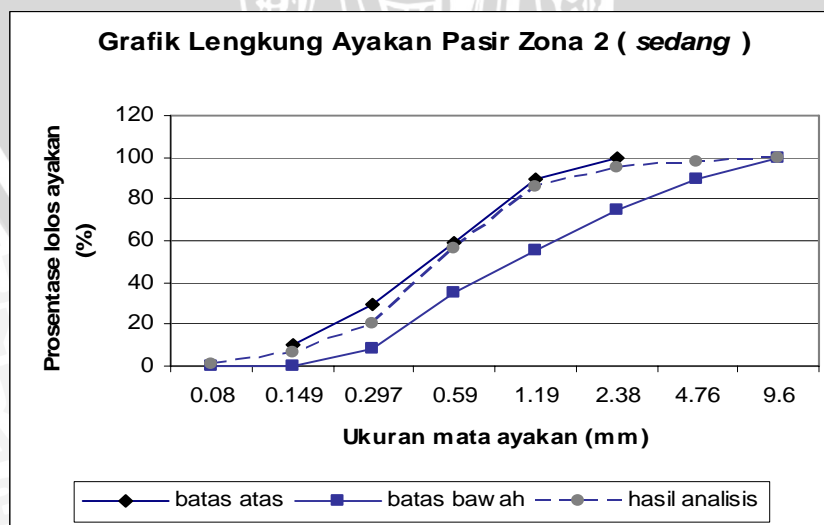
SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
7.62	No.3"	0	0	0	0	100
63.5	No.2,5"	0	0	0	0	100
50.8	No.2"	0	0	0	0	100
38.1	No.1,5"	0	0	0	0	100
25.4	No.1"	0	0	0	0	100
19.1	No.3/4"	0	0	0	0	100
12.7	No.1/2"	0	0	0	0	100
9.5	No.3/8"	0	0	0	0	100
4.75	No. 4	20.5	20.5	2.07	2.07	97.93
2.36	No. 8	30.9	51.4	3.12	5.19	94.81
1.18	No. 16	87.8	139.2	8.87	14.06	85.94
0.6	No. 30	195.2	334.4	19.72	33.77	66.23
0.3	No. 50	450.7	785.1	45.52	79.30	20.70
0.15	No. 100	149.1	934.2	15.06	94.35	5.65
0.075	No. 200	55.9	990.1	5.65	100.00	0.00
Pan	Pan	4.7				
		990.1			328.744571	

Sumber :Hasil pengujian laboratorium

$$\text{Modulus kehalusan agregat halus} = \frac{328.74}{100} = \mathbf{3.287}$$

Setelah melakukan pengujian terhadap agregat halus, maka didapatkan bahwa pasir masuk dalam zona II, yang menyatakan bahwa pasir bergradasi sedang dan bagus memenuhi syarat untuk melakukan pengecoran beton. Hasil perhitungan gradasi pasir dapat dilihat pada lampiran dan zona pasir terlampir pada Grafik 4.1 dibawah

Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat Halus



Sumber :Hasil pengujian laboratorium

Hasil uji gradasi didapat nilai modulus kehalusan sebesar 3,287, nilai ini tidak masuk dalam standar ASTM C 33 – 89a yaitu 2.3 – 3.1, tetapi masuk dalam peraturan standar SNI S – 04 – 1989 – F yaitu 1.5 – 3.8, jadi agregat dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Uraian pelaksanaan dan perhitungan analisa agregat halus selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran.

4.1.4 Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran butiran maksimum 40 mm yang sudah tersedia di laboratorium, perhitungan agregat kasar meliputi analisis ayakan, berat jenis, dan absorpsi. Setelah dilakukan perhitungan didapat sebagai berikut :

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Nomor Contoh	A
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj) (gr)	5159.3
Berat benda uji kering oven (Bk) (gr)	4996.4
Berat benda uji di dalam air (Ba) (gr)	3289.5
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) (Bk/(Bj-Ba))	2.672157
Berat jenis ssd (Bj/(Bj-Ba))	2.759279
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2.927178
Penyerapan (%) ((Bj-Bk)/Bk x 100%)	2.06

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Dari tabel 4.2 didapat berat jenis agregat adalah 2.759, berdasarkan peraturan ASTM C 127 merupakan agregat normal karena sesuai dengan berat jenis standard yaitu $2.749 > 2.6$. Nilai absorpsi adalah 2.060 % kurang dari 3 % (ASTM C 127).

Tabel 4.5. Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar

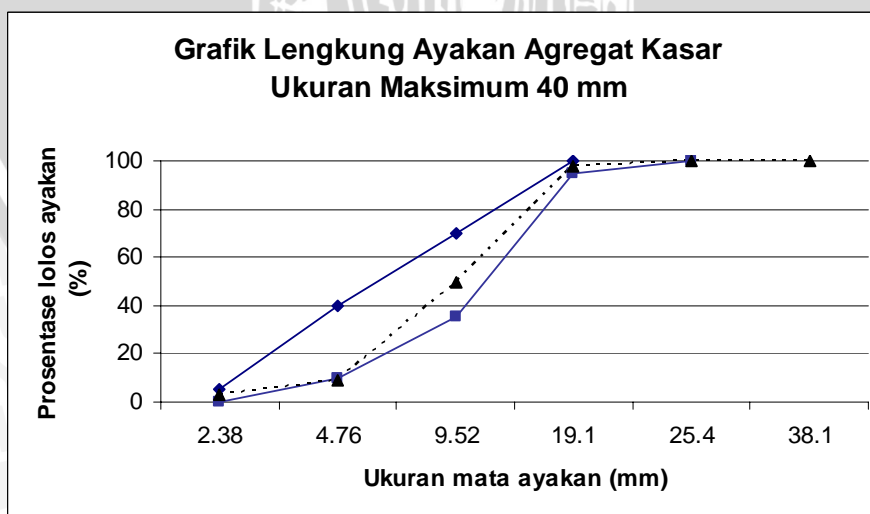
SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
7.62	No.3"	0	0	0	0	100
63.5	No.2,5"	0	0	0	0	100
50.8	No.2"	0	0	0	0	100
38.1	No.1,5"	0	0	0	0	100
25.4	No.1"	13.1	13.1	0.1311823	0.13118234	99.86882
19.1	No.3/4"	232.5	245.6	2.3282362	2.45941859	97.54058
9.5	No.3/8"	4814.6	5060.2	48.213016	50.6724347	49.32757
4.75	No. 4	3998.2	9058.4	40.037652	90.710087	9.289913
2.36	No. 8	597.7	9656.1	5.9853196	96.6954066	3.304593
1.18	No. 16	330.00	9986.1	3.3045934	100	0
0.6	No.30	0	9986.1	0	100	0
0.3	No.50	0	9986.1	0	100	0
0.15	No. 100	0	9986.1	0	100	0
0.075	No. 200	0	9986.1	0	100	0
Pan	Pan	2.6				
		9986.1			740.668529	

Sumber :Hasil pengujian laboratorium

$$\text{Modulus kehalusan agregat halus} = \frac{740.66}{100} = 7.406$$

Setelah dilakukan pengujian gradasi agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini maka didapatkan bahwa agregat kasar termasuk dalam zona agregat ukuran maksimum 40 mm. Hasil perhitungan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada lampiran, dan zona gradasi butiran agregat kasar terlampir pada grafik 4.2 dibawah ini.

Gambar 4.2. Grafik Gradasi Agregat Kasar (Batu Pecah)



Sumber :Hasil pengujian laboratorium

Selain itu dari hasil uji gradasi didapat nilai modulus kehalusan sebesar 7.406 jadi agregat masih bisa digunakan sebagai bahan campuran beton.

Uraian pelaksanaan dan perhitungan analisa agregat halus selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran.

4.1.5 Serat Aluminium Limbah Mesin Bubut

Serat yang dipakai adalah berupa serat sisa limbah aluminium mesin bubut yang dipotong – potong dengan panjang $\pm 10 - 40$ mm.

Tabel 4.6. Hasil pengujian berat jenis aluminium

Nomor Contoh	A
Volume (V) (ml)	100
Berat benda uji (Bt) (gr)	152
Berat jenis	1.52

Hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis serat $G_s = 1.52$. Variasi serat aluminium pada penelitian ini dengan konsentrasi serat : 0%, 1%, 2%, dan 3% dari volume adukan beton.

Dari perhitungan kebutuhan serat aluminium untuk satu buah benda uji silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm adalah 0.0788 kg untuk setiap 1 % dari volume silinder.

Tabel 4.7. Kebutuhan serat aluminium untuk 5 buah silinder

Variasi serat	Aluminium (kg)
0%	-
1%	0.394
2%	0.788
3%	1.182

4.2 Campuran Beton

Perbandingan campuran untuk beton normal dan beton serat didapat dari hasil rancangan campuran beton dibuat berdasarkan SK SNI 03 – 2834 – 1993. Tujuan penggunaan tata cara ini adalah untuk mendapatkan proporsi campuran yang dapat menghasilkan mutu beton yang direncanakan yaitu 20 Mpa.

Tabel 4.8. Mix Desain

No.	Uraian	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	20	Mpa
2	Deviasi Standar	7	MPa
3	Nilai tambah (margin)	11.48	MPa
4	Kuat tekan rata-rata target	31.48	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis agregat halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas	0.55	(silinder)
8	Faktor air semen maksimum	0.6	
9	Slump	100-120	mm
10	Ukuran agregat maksimum	40	mm
11	Kadar air bebas	185	kgm ⁻³
12	Kadar semen	336.36	kgm ⁻³
13	Kadar semen maksimum	-	kgm ⁻³
14	Kadar semen minimum	-	kgm ⁻³
15	Gradasi agregat halus	zona 2	
16	Gradasi agregat kasar atau gabungan	-	
17	Persen agregat halus	35	%
18	Berat jenis relatif (ssd)	2.757	kgm ⁻³
19	Berat isi beton	2473	kgm ⁻³
20	Kadar agregat gabungan	1951.64	kgm ⁻³
21	Kadar agregat Halus	683.07	kgm ⁻³
22	Kadar agregat kasar	1268.56	kgm ⁻³

Perbandingan campuran beton untuk setiap 1 m³

Semen : 336.36 kg/m³

Air : 185 kg/m³

Pasir : 683.07 kg/m³

Kerikil : 1268.56 kg/m³

Campuran yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sama untuk setiap variasi penambahan serat aluminium dan berdasarkan perbandingan berat yaitu: Semen : Pasir : Kerikil = 1 : 2.03 : 3.77

kebutuhan campuran beton untuk 5 buah benda uji 0.0265 m^3

Semen : 8.913 kg

Air : 4.903 kg

Pasir : 18.101 kg

Kerikil : 33.617 kg

4.3 Pengujian Beton Segar

Pengujian yang dilakukan terhadap beton segar yaitu uji slump, pengujian ini mengacu pada standart SNI – 03 – 1972 – 1990 yang bertujuan untuk mengetahui nilai slump serta mengetahui kekentalan dan workability dari adukan beton, alat yang digunakan adalah cetakan dari logam tebal minimal 1.2 mm berupa kerucut terpancung (Abrams) dengan diameter bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm, bagian atas dan bawah terbuka.

Dalam pelaksanaannya, pencampuran beton diawali dengan menimbang semua material yang dibutuhkan untuk campuran beton. Disini kita menggunakan mixer sebagai alat pencampur beton dengan harapan beton bisa tercampur secara lebih baik. Mixer dibasahi dengan air untuk mengurangi kehilangan air akibat daya serap agregat, lalu agregat berupa pasir, kerikil dan semen dimasukkan ke dalam mixer. Mixer kemudian diputar sambil menambahkan air sesuai kebutuhan campuran. Penambahan air juga diikuti penambahan serat aluminium secara acak dengan harapan serat bisa tercampur secara merata.

Pada pelaksanaannya beton yang mengalami penambahan serat aluminium akan nampak lebih kering dibandingkan dengan beton normal yang nampak lebih basah. Untuk mengatasi hal itu kami menambahkan air kedalam campuran beton agar beton lebih kental sehingga slump yang kami harapkan bisa tercapai dan pengerjaan beton dapat lebih mudah.

Untuk mengetahui nilai slump, beton segar dimasukan kedalam kerucut tersebut dalam tiga lapis dimana tiap lapis yang berisi $\pm 1/3$ isi cetakan dipadatkan dengan tusukan tongkat besi sebanyak 25 kali secara merata, setelah semua lapisan terisi dengan adukan beton, angkat kerucut dan ukur tinggi benda uji. Dalam penelitian ini

digunakan nilai f.a.s yang sama untuk semua variasi serat aluminium yang dipergunakan tetapi menghasilkan nilai slump yang berbeda dikarenakan pengaruh penggunaan prosentase serat yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Rata-rata Slump

No	Kode	Jumlah	% Tambahan serat	Slump (cm)	Berat isi (kg/m ³)
1	BN 0%	5	0	11.5	2473
2	BF 1%	5	1	9	2433
3	BF 2%	5	2	12	2255
4	BF 3%	5	3	10.6	2232

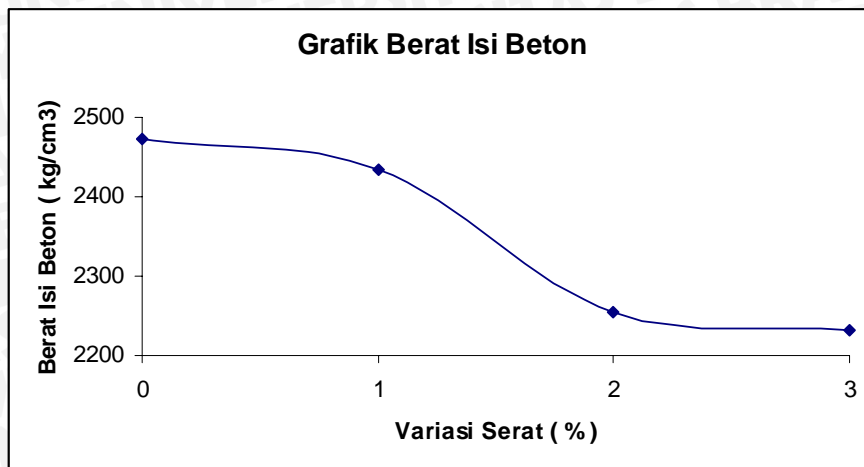
Sumber :Hasil pengujian laboratorium

Dari tabel dapat dilihat bahwa terjadi penurunan berat isi beton serat, semakin besar penambahan serat aluminium semakin besar pula penurunan yang terjadi. Penambahan serat aluminium mengakibatkan reaksi oksidasi antara aluminium dengan campuran beton sehingga beton mengembang, dan mengakibatkan terjadinya rongga-rongga udara dalam beton. Hal inilah yang menyebabkan beton serat menjadi lebih ringan dibandingkan dengan beton normal. Secara Visual beton nampak memiliki banyak pori-pori kecil akibat keberadaan serat aluminium yang tidak tercampur secara merata., hal ini mengakibatkan beton nampak keropos dan mudah hancur.

Tabel 4.10. Prosentase Penurunan Berat Isi Beton terhadap beton normal

Variasi Serat	Berat isi (kg/m ³)	Prosentase Penurunan Berat Isi (%)
0%	2473	0
1%	2433	1.62
2%	2255	8.82
3%	2232	9.75

Sumber :Hasil pengujian laboratorium

Gambar 4.3. Grafik Penurunan Berat Isi Beton

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

4.4 Perawatan Beton

Perawatan (curing) pada benda uji ini mengacu pada standart SNI – 03 – 2493 – 1991, yaitu jika tidak ditentukan dengan cara lain maka dilakukan dengan cara merendam seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^{\circ} \text{C}$ (Suhu ruangan) mulai pelepasan cetakan sampai saat pengujian dilakukan. Tujuannya adalah untuk menjaga proses pengeringan antara didalam dan permukaan beton berjalan bersamaan, karena pada saat proses pengeringan beton mengeluarkan panas akibat proses hidrasi.

4.5 Pengujian Beton Keras

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton, dalam hal ini benda uji berupa silinder berukuran 15 / 30 cm. Sebelum dilakukan pengujian, beton mengalami perlakuan berupa proses capping. Capping bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga luasan permukaan beton dapat tersentuh secara merata oleh beban yang akan diberikan.

Proses capping dilakukan dengan memberikan cairan yang berasal dari serbuk belerang yang telah dipanaskan hingga mencair. Cairan ini kemudian dituang kedalam cetakan dalam keadaan panas kemudian beton diletakkan diatas cetakan sehingga nantinya cairan belerang tadi akan menyatu dengan beton.

4.5.1 Kuat Tekan Beton

Untuk pengujian beton keras dibuat benda uji berupa silinder yaitu silinder 15 / 30. Setelah mencapai umur yang ditentukan dalam penelitian ini yaitu pada umur 28 hari. Sebelumnya benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat isi masing – masing benda uji.

Tabel 4.11. Berat Benda Uji

No	0% (Kg)	1% (Kg)	2% (Kg)	3% (Kg)
1	13	11.2	11.1	10.3
2	12.4	11.3	11.1	10.5
3	12.2	12.4	11	10.7
4	12	11.2	10.5	10.2
5	12.8	11.3	10.9	10.3
\bar{x}	12.48	11.48	10.92	10.4

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Selanjutnya pengujian kuat tekan dengan alat “*Commprassion Testing Mechine*” ini dilakukan dengan meletakkan benda uji berdiri tegak lurus dan memberi tekanan sampai benda uji tersebut hancur, beban yang menyebabkan beton itu hancur dicatat sebagai nilai P.

Selanjutnya kuat tekan beton dihitung dengan rumus :

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

dengan :

$f'c$ = Tegangan hancur beton (MPa)

P = Gaya Tekan (KN)

A = Luas Silinder (mm²)

4.5.2 Data Kuat Tekan Beton

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton

No Benda Uji	% Tambahan Serat	Luas (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0%	176.625	54800	31.026	30.799
2		176.625	52000	29.441	
3		176.625	57800	32.725	
4		176.625	36200	20.495	
5		176.625	53000	30.007	
6	1%	176.625	23100	13.078	12.767
7		176.625	23000	13.022	
8		176.625	22500	12.739	
9		176.625	16800	9.512	
10		176.625	21600	12.230	
11	2%	176.625	30500	17.268	9.873
12		176.625	18000	10.191	
13		176.625	18250	10.332	
14		176.625	16500	9.342	
15		176.625	17000	9.625	
16	3%	176.625	18000	10.191	11.267
17		176.625	21350	12.088	
18		176.625	21350	12.087	
19		176.625	19400	10.984	
20		176.625	19400	10.984	

Sumber : Hasil penelitian laboratorium

Pada beberapa data terdapat penyimpangan nilai kuat tekan beton, ini terjadi dikarenakan kurang baiknya proses pencetakan beton kedalam cetakan silinder yang terjadi akibat kurang berpengalamannya peneliti. Sehingga nilai beban (P kg) yang didapat pada beberapa benda uji sangat menyimpang dari rata-rata kuat tekan beton pada masing-masing campuran.

Contoh perhitungan nilai kuat tekan beton

Misal pada benda uji no 1 diperoleh data

$$P = 54800 \text{ kg} = 548000 \text{ N}$$

$$A = 0,25 \times \pi \times 15^2 = 176.625 \text{ cm}^2 = 17662.5 \text{ mm}^2$$

$$f'c = \frac{548000}{17662.5} = 31.026 \text{ MPa}$$

Pada benda uji no 2 diperoleh data

$$P = 52000 \text{ kg} = 520000 \text{ N}$$

$$A = 0,25 \times \pi \times 15^2 = 176.625 \text{ cm}^2 = 17662.5 \text{ mm}^2$$

$$f'c = \frac{520000}{17662.5} = 29.441 \text{ MPa}$$

selanjutnya perhitungan nilai kuat tekan untuk masing-masing benda uji yang lain dilakukan dengan cara yang sama seperti diatas.

Kemudian dari kelima data tersebut dicari kuat tekan beton rata-rata dengan rumus

$$f'cr = \frac{\sum_i^n f'c}{n}$$

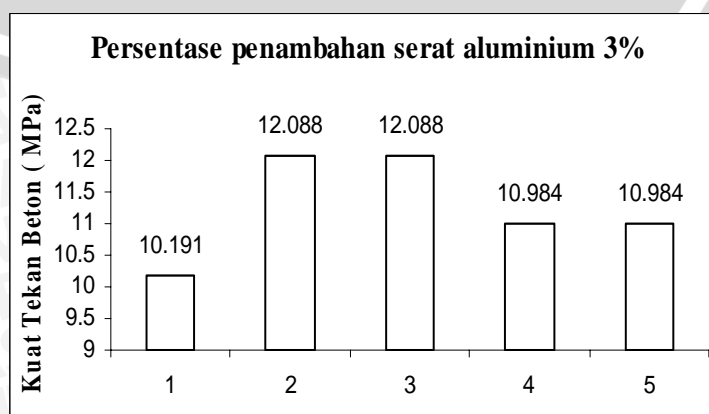
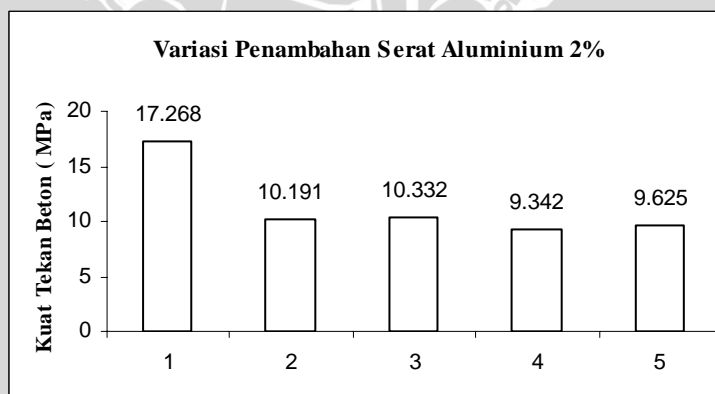
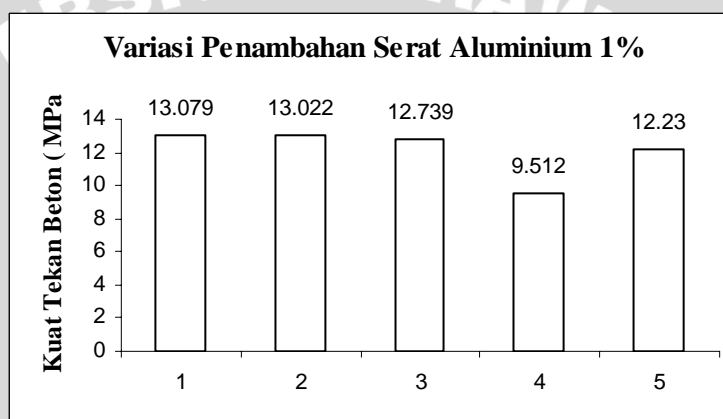
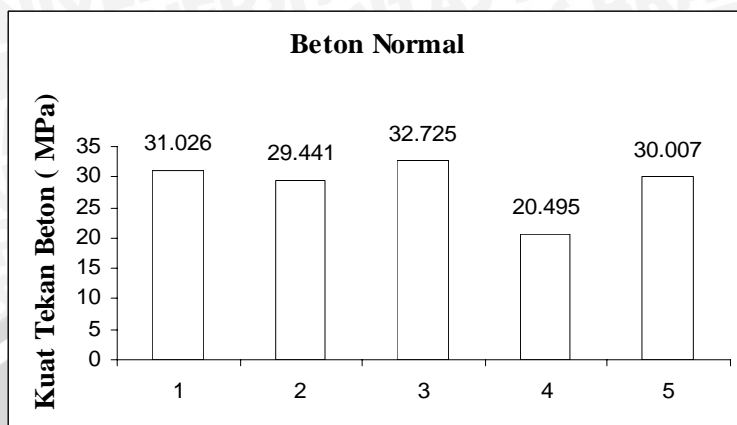
$f'cr$ = Kuat tekan beton rata-rata

n = jumlah benda uji

$$f'cr = \frac{31.026 + 29.441 + 32.725 + 20.495 + 30.007}{5} = 30.799 \text{ MPa}$$

Dari hasil diatas didapatkan nilai kuat tekan rata – rata yaitu 30.79 Mpa, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pengujian telah memenuhi dari nilai kuat tekan yang disyaratkan yaitu sebesar 20 Mpa. Sehingga komposisi mix design yang direncanakan dapat dipakai.

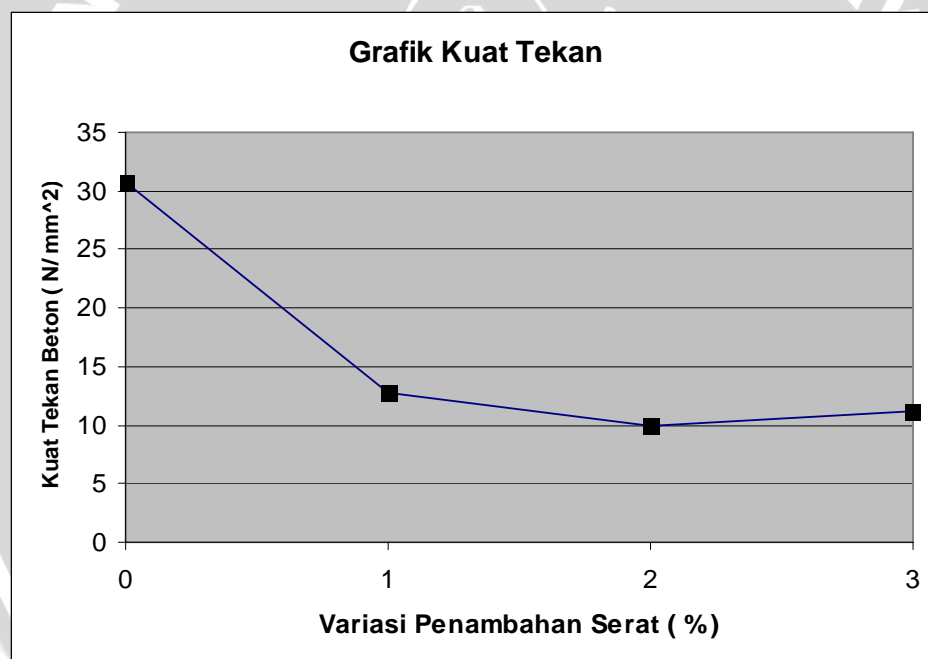
Gambar 4.4. Dari hasil di atas dapat dibuat grafik hubungan kuat tekan beton terhadap variasi penambahan serat aluminium.



Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa pada beberapa benda uji terdapat penyimpangan kuat tekan beton yang cukup besar. Pada pelaksanaan dilapangan banyak sekali faktor-faktor yang menyebabkan hal tersebut. Salah satunya adalah kurang telitinya alat yang digunakan dalam pengerjaan beton sehingga peneliti harus lebih jeli dalam mengkalibrasi alat yang akan digunakan. Kurang berpengalamannya peneliti juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan penyimpangan hasil yang didapat sehingga peneliti perlu lebih dalam lagi untuk mempelajari pengerjaan beton secara benar.

Dari data diatas dapat dibuat grafik hubungan antara prosentase variasi serat terhadap penurunan kuat tekan beton seperti terlihat pada grafik seperti berikut ini.

Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara Variasi Serat Aluminium terhadap Kuat Tekan Beton



Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

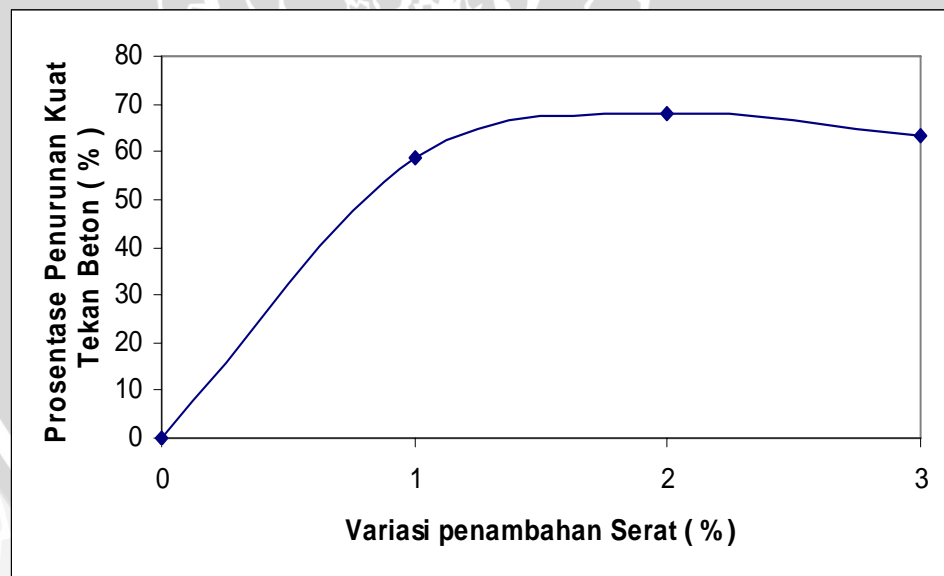
Besar penurunan kuat tekan terjadi akibat variasi serat aluminium dapat ditabelkan sebagai berikut,

Tabel 4.13. Prosentase Penurunan Kuat Tekan Beton terhadap Kuat Tekan Beton normal

No	Variasi Serat	Kuat Tekan beton rata-rata (MPa)	Penurunan Kuat Tekan Beton
1	0%	30.799	0%
2	1%	12.767	58.54 %
3	2%	9.873	67.94%
4	3%	11.267	63.41%

Sumber : Hasil penelitian laboratorium

Gambar 4.6. Grafik Prosentase Penurunan Kuat Tekan Beton terhadap Kuat tekan Beton Normal



Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

4.6 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk membuktikan kebenaran suatu hipotesis awal penelitian terhadap hasil dari penelitian. Dipergunakan penerapan Analisis Varian satu arah.. Data hasil pengujian kuat tekan beton dengan prosentase variasi serat aluminium ada pada tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14. analisa varian Satu Arah Terhadap Kuat Tekan Beton

Kasus	0%	1%	2%	3%
1	31.02618542	13.07855626	17.26822364	10.1910828
2	29.44090587	13.02193914	10.1910828	12.08775655
3	32.72469922	12.7388535	10.33262562	12.08775655
4	20.49539986	9.511677282	9.341825902	10.98372258
5	30.00707714	12.22929936	9.624911536	10.98372258

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dari hasil penelitian tersebut dibuat langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

a. Hipotesis

Ada 2 hipotesis penelitian, yaitu hipotesis awal (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis yang akan diuji melalui model analisis ini pada penelitian tentang pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat tekan beton adalah:

$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$, artinya tidak ada pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat tekan beton.

$H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$, artinya ada pengaruh penggunaan serat aluminium terhadap kuat tekan beton

b. Perhitungan

Berdasarkan hipotesis penelitian pada sub bab 2.8 variasi pemakaian serat aluminium akan berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton, maka perlu diadakan uji hipotesis penelitian sebagai berikut.

Analisa Satu Arah :

Analisis satu arah pada variasi penambahan serat 0%, 1%, 2%, 3%

Tabel 4.15. Analisis satu arah pada variasi penambahan serat 0%, 1%, 2%, 3%

Kasus	0%	1%	2%	3%
1	31.02618542	13.07855626	17.26822364	10.1910828
2	29.44090587	13.02193914	10.1910828	12.08775655
3	32.72469922	12.7388535	10.33262562	12.08775655
4	20.49539986	9.511677282	9.341825902	10.98372258
5	30.00707714	12.22929936	9.624911536	10.98372258

Tabel 4.16. Tabel statistik

Statistik	0%	1%	2%	3%	Total
N	5	5	5	5	20
$\sum X$	143.694	60.580	56.758	56.334	317.367
$\sum X^2$	4220.783	742.925	688.721	637.370	6289.800
\bar{x}	28.738	12.116	11.351	11.266	28.739

- Hipotesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

- Tingkat signifikasin $\alpha = 0.05$; $db_A = 4 - 1 = 3$ dan $db_D = 20 - 4 = 16$

$F_{(0.05 : 3,16)} = 3.63$ didapat dari tabel distribusi F

- Statistik uji :

$$F = \frac{JK_A / db_A}{JK_D / db_D}$$

- Daerah penolakan H_0 :

$$H_0 \text{ ditolak, bila } F_h > 3.63$$

- Perhitungan :

Jumlah Kuadrat Antar

$$\begin{aligned}
 (JK_A) &= \sum_{i=1}^3 \frac{X_A^2}{n_A} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\
 &= \frac{143.69^2}{5} + \frac{60.58^2}{5} + \frac{56.758^2}{5} + \frac{56.334^2}{5} - \frac{317.367^2}{20} \\
 &= 1106.517
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Dalam

$$\begin{aligned}
 (JK_D) &= \sum X_T^2 - \sum \frac{(X_A)^2}{n_A} \\
 &= 6289.800 - \left(\frac{143.69^2}{5} + \frac{60.58^2}{5} + \frac{56.758^2}{5} + \frac{56.334^2}{5} \right) \\
 &= 147.182732
 \end{aligned}$$

- $KR_A = \frac{JK_A}{p-1} = \frac{1106.517}{3} = 368.8391836$
- $KR_D = \frac{JK_D}{n-p} = \frac{147.182732}{16} = 9.198920749$

Apabila dituangkan dalam tabel anova akan didapatkan :

Tabel 4.17. Analisa Varian Satu Arah

T	JK	d.b	KR	F _{hitung}	F _{tabel}
Antar (A)	1106.517	3	368.839	40.096	3.63
Dalam (D)	147.1827	16	9.1989		
Total (T)	1253.700	19			

Kesimpulan :

Ho ditolak karena $F_{hitung} > 3.63$ artinya penambahan serat aluminium pada beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan hasil perhitungan manual dan menggunakan software SPSS 11 *for Windows* didapatkan nilai $F_{hitung} = 40.096$ dan lebih besar daripada F_{tabel} pada taraf 5% (**3.63**)

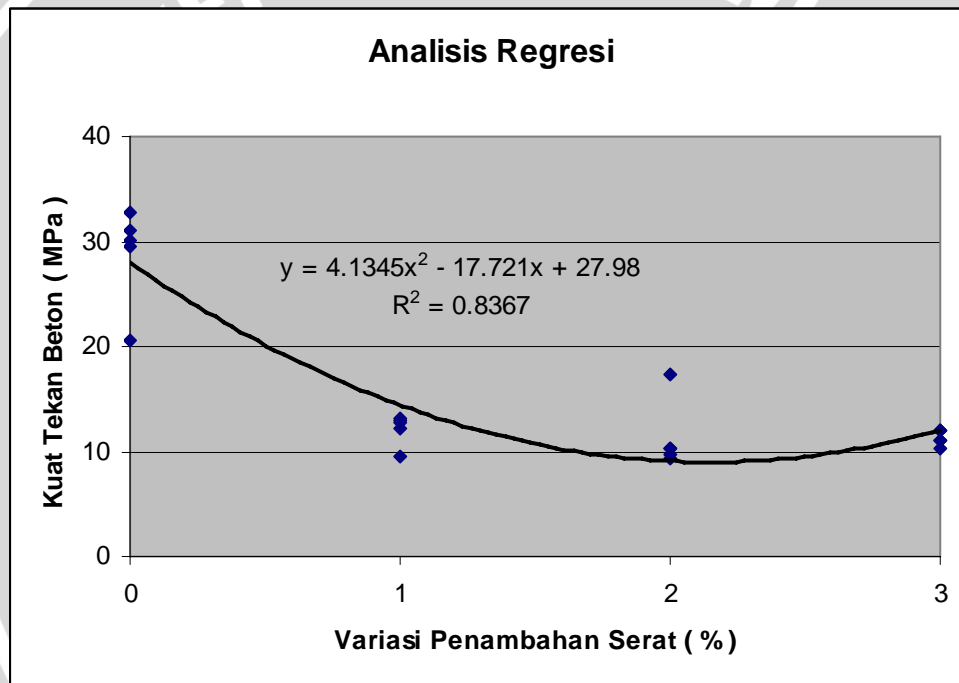


4.7 Analisis Regresi

Pada penelitian ini digunakan analisa regresi polynomial orde 2, dengan menggunakan program Microsoft Excel dan program SPSS 10.0 for Windows. Apabila hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat ternyata menunjukkan suatu hubungan yang baik secara statistik dan sesuai dengan kenyataan yang ada, maka dapat dilakukan analisis regresi. Hubungan antara variabel bebas dan terikat ini dinyatakan dalam persamaan regresi.

Selanjutnya, hasil perhitungan yang menggunakan software Microsoft Excel

Gambar 4.7. Grafik Pengaruh Penambahan Serat Aluminium Terhadap Kuat Tekan Beton



didapatkan persamaan regresi antara variasi penambahan serat aluminium terhadap kuat tekan beton yaitu :

$$Y = 4.1345 X^2 - 17.721 X + 27.98, \text{ dengan } R^2 = 0.8367$$

Dengan :

$$Y = \text{Kuat Tekan Beton (Mpa)}$$

$$X = \text{Persentase Serat (\%)}$$

Dengan mengambil faktor kesalahan 0.05 (5 %) akan diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.8367.

Berdasarkan analisa regresi menggunakan program SPSS 10.0 for Windows didapatkan hubungan antara penambahan serat aluminium terhadap nilai kuat tekan sebesar,

$$Y = 4.1345 X^2 - 17.721 X + 27.9799, \text{ dengan } R^2 = 0.837$$

4.8 Pembahasan

Berdasarkan tabel 4.10 didapat perbandingan berat isi antara beton normal dan beton berserat aluminium, terjadi penurunan untuk variasi serat 1% sebesar 1.62%, untuk variasi 2% sebesar 8.82%, dan untuk variasi serat 3% sebesar 9.75%. Semakin banyak serat aluminium yang dicampurkan kedalam beton maka berat isi beton semakin kecil. Hal ini dikarenakan volume beton yang seharusnya terisi agregat khususnya pasir akan digantikan oleh serat aluminium.

Penurunan berat isi yang terjadi akibat penambahan serat aluminium disebabkan karena reaksi oksidasi antara aluminium dengan campuran beton sehingga beton mengembang, dan mengakibatkan terjadinya rongga-rongga udara dalam beton. Hal inilah yang menyebabkan beton serat menjadi lebih ringan dibandingkan beton tanpa serat. Secara visual beton nampak memiliki banyak pori-pori kecil akibat keberadaan serat aluminium yang tidak tercampur secara merata, hal ini mengakibatkan beton nampak keropos.

Untuk nilai slump juga mengalami penurunan. Pada beton normal slump mencapai 11.5 cm, pada variasi 1% slump turun menjadi 9 cm ini berarti beton lebih kental dibandingkan beton normal. Untuk variasi penambahan serat sebesar 2% slump meningkat mencapai 12 cm ini berarti beton lebih cair dibandingkan beton normal. Ini dikarenakan penambahan serat aluminium sangat mempengaruhi kekentalan dari campuran beton. Untuk variasi penambahan serat sebesar 3% slump mencapai 10.6 cm berarti campuran beton lebih kental dibandingkan campuran beton normal.

Kadar kekentalan beton untuk tiap variasi sangat berbeda-beda. Penambahan serat semakin banyak akan menyebabkan beton semakin kering atau beton tidak tercampur secara merata dengan serat aluminium. Serat aluminium yang dicampurkan kedalam beton akan menggumpal sendiri karena bentuk serat yang tidak beraturan dan kurangnya air yang ada dalam campuran beton didalam mixer. Untuk mengatasi hal tersebut perlu penambahan air agar serat aluminium dapat terurai dari gumpalan-gumpalanyang terjadi dan slump yang kita inginkan bisa tercapai.

Penurunan slump beton sangat variatif, pola yang terjadi tidak teratur. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kurang tercampurnya serat aluminium secara merata. Proses pengujian slump yang tidak sempurna juga dapat mengakibatkan kurang baiknya data yang diperoleh.

Berdasarkan uji statistik pada tabel 4.17 diperoleh nilai F hitung lebih besar dari F tabel ($40.096 > 3.63$) sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan serat aluminium berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Hal ini sesuai dengan hipotesis awal yang menyatakan bahwa pada beton dengan penambahan serat aluminium akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dan dari analisa regresi didapatkan nilai $R^2 = 0.8367$, hal ini menunjukkan keterikatan variabel bebas (serat) terhadap variabel tidak bebas (kuat tekan beton) sebesar 83 %.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serat aluminium pada tabel 4.13 terlihat bahwa secara keseluruhan pengaruh penambahan serat aluminium pada beton, pada masing-masing prosentase serat dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Pada prosentase 1 % terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 58.54 % dari beton normal
2. Pada prosentase 2 % terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 67.94% dari beton normal
3. Pada prosentase 3 % terjadi penurunan kuat tekan beton sebesar 63.41% dari beton normal

penurunan terbesar terjadi pada variasi 2 % dibandingkan dengan variasi 1 %,

Berdasarkan data di atas, serat aluminium memberikan pengaruh pada sifat mekanik beton, dalam hal ini pada kuat tekan beton. Penurunan kuat tekan beton hingga melebihi 50% terhadap kuat tekan beton normal merupakan penurunan yang sangat besar. Selain itu hasil ini sangat bertentangan dengan hasil dari beberapa penelitian terdahulu, yang cenderung meningkatkan nilai kuat tekan beton, seperti penggunaan serat baja dan serat bendrat.

Dari pengujian kuat tekan beton dengan variasi serat aluminium, didapatkan penurunan kuat tekan beton, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah terjadinya proses reaksi kimia antara serat aluminium dengan beton segar pada saat pencampuran sampai waktu ikat beton selesai, sehingga mengakibatkan volume yang sama, berat campuran semakin ringan untuk variasi serat yang semakin bertambah. Yang berarti terjadi pengembangan volume sebelum beton mengeras. Faktor lain adalah

dari pengamatan secara visual dapat dilihat bahwa serat terdispersi dengan baik diseluruh bagian beton sehingga mengakibatkan terjadinya volume rongga yang semakin banyak dan merata akibat proses reaksi antara serat dengan beton segar. Hal ini berbeda dengan penelitian dengan menggunakan serat bendrat dan baja, dimana berat jenis beton tidak mengalami penurunan berat yang cukup besar dan tidak terjadi reaksi antara serat bendrat dengan beton.

Penambahan serat aluminium akan menyebabkan penurunan berat isi beton. Definisi beton ringan berdasarkan ACI 213R-87 adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 17,2 Mpa, berat isi tidak melebihi 115 lb/ft³ (1850 kg/m³). Sedangkan dari hasil Penelitian beton dengan penambahan serat aluminium, didapatkan berat isi beton sekitar 2230 – 2260 kg/m³ pada prosentase 2 % dan 3 % . Jadi beton dengan penambahan serat aluminium masih dikategorikan sebagai beton normal. Penurunan berat isi beton serat sangat mempengaruhi sifat beton itu sendiri dimana beton serat mengalami penurunan kuat tekan yang sangat besar bahkan melebihi 50 % dari kuat tekan beton normal.

Dari kajian pustaka dapat diketahui bahwa, telah terjadi reaksi akibat penambahan aluminium pada campuran beton. Kajian pustaka Alumatter memberikan wacana, bahwa saat reaksi antara air dan semen berlangsung, pH atau tingkat keasaman campuran sebesar 12, sehingga aluminium akan mengalami proses korosi. Pada proses di atas campuran beton mengalami pengembangan volume, dan setelah beton mengeras banyak rongga-rongga di dalamnya. Dan dalam kurun waktu yang lama kerusakan material aluminium akan semakin bertambah. Sehingga diperlukan perlindungan terhadap serat aluminium untuk menghindari korosi. Selain itu tingkat kesulitan pengerjaan akibat adanya faktor serat perlu diperhatikan.

Berdasarkan uraian di atas penggunaan serat aluminium sebagai fiber sangat mempengaruhi nilai kuat tekan beton dan berat isi beton. Berdasarkan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa serat aluminium tidak baik dipakai sebagai bahan tambah (filler) pada beton karena dapat merusak sifat mekanik beton dalam hal ini adalah kuat tekan beton.

LAMPIRAN II BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

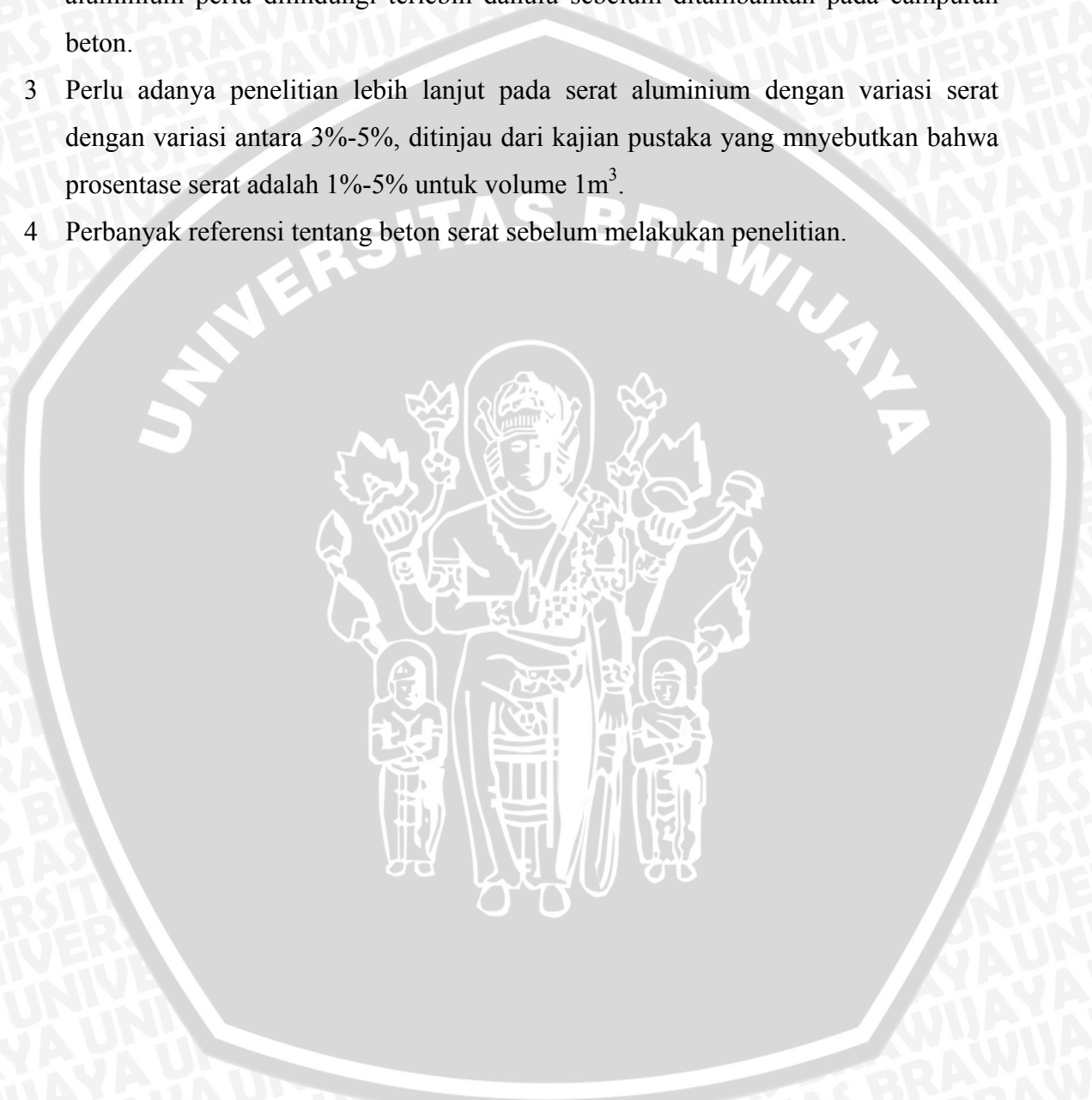
Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah peneliti lakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan serat aluminium limbah mesin bubut pada beton, menimbulkan pengaruh berupa :

1. Penambahan serat aluminium pada beton menyebabkan terjadinya pengembangan volume beton.
2. Terjadinya penurunan berat isi beton untuk variasi serat 1% sebesar 1.62%, untuk variasi 2% sebesar 8.82%, untuk variasi serat 3% sebesar 9.75% terhadap beton normal..
3. Terjadinya penurunan kuat tekan beton untuk variasi serat 1% sebesar 58.54%, variasi serat 2% sebesar 67.94% dan variasi serat 3% sebesar 63.41% terhadap beton normal.
4. Penambahan serat alumunium pada beton akan menyebabkan penurunan berat isi beton tetapi beton masih dapat digolongkan kedalam beton normal karena berat isi beton lebih besar dari 1850 kg/m³. Penurunan berat isi beton serat ini mempengaruhi sifat beton itu sendiri dimana beton serat mengalami penurunan kuat tekan beton yang sangat besar bahkan melebihi 50 % dari kuat tekan beton normal.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan beton adalah terjadinya reaksi kimia antara aluminium dengan beton yang kita sebut reaksi oksidasi. Pada saat reaksi antara air dan semen berlangsung, pH atau tingkat keasaman campuran sebesar 12, sehingga aluminium akan mengalami proses korosi. Pada proses di atas campuran beton mengalami pengembangan volume dalam kurun waktu yang lama kerusakan material aluminium akan semakin bertambah. Pada saat pembuatan benda uji, menyebabkan terdapatnya rongga yang banyak dan merata pada seluruh bagian beton.

5.2 Saran

- 1 Pada pelaksanaan pencampuran serat kedalam beton agar dicampur sedikit demi sedikit dan tidak terlalu lama untuk menghindari terjadinya penggumpalan serat.
- 2 Untuk menghindari terjadinya penurunan kekuatan akibat reaksi yang terjadi, serat aluminium perlu dilindungi terlebih dahulu sebelum ditambahkan pada campuran beton.
- 3 Perlu adanya penelitian lebih lanjut pada serat aluminium dengan variasi serat dengan variasi antara 3%-5%, ditinjau dari kajian pustaka yang mnyebutkan bahwa prosentase serat adalah 1%-5% untuk volume 1m^3 .
- 4 Perbanyak referensi tentang beton serat sebelum melakukan penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Basir Samudin,. *Pengaruh Penambahan Serat Baja Limbah Mesin Bubut Pada Balok Beton Terhadap Kuat lentur* , Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang : Jurusan Teknik Sipil. FT Unibraw, 2004.
- Ari Wibowo, ST.,MT, & Ir. Edhi Wahjuni Setyowati, MT. 2003, *Buku Petunjuk Praktikum Beton*, Universitas Brawijaya, Malang
- ASTM C 78 – 94, *Standart Test Method for Flexural* (Using Beam With Third – Point Loading)
- Bambang Suhendro., *Pengaruh Fiber Kawat Pada Sifat – sifat Beton dan beton Bertulang.*,Laporan Penelitian., Lembaga Penelitian UGM, Jogjakarta, 1991
- British Standards 1881 : Part 4 : 1970., *Methods of Testing Concrete for Strenght*
- Edward.G.Dr & Nawy.P,E., *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*, Penerbit PT Eresco, Bandung, 1990
- Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1999
- Joko Suryono, 2003., *Pengaruh Pemakaian Serat Limbah Baja Terhadap Prilaku dan Kapasitas Lentur Balok T Beton Bertulang*, Tesis Tidak Diterbitkan. Malang : Program Studi Teknik Sipil Kekhususan Rekayasa Struktur. FT Unibraw, 2003.
- KOMPAS Cyber Media - Sains & Teknologi.htm, (*Online*) (<http://WWW.yahoosearch.com> ; 08-05-2005, 0104 WIB)
- L.J. Murdock,. K.M. Brook,. *Bahan Dan Praktek Beton.*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999
- Neville, A.M dan Brooks, J.J., *Concrete Technologi.*, Longman. Singapura. 1987.
- Robinson Sidjabat, *Korosi Tulangan Baja Pada Beton Mutu Tinggi Yang Diperkuat Dengan Serat Kawat Baja.*, S2 – Thesis, Struktur, [jbptitbsi-gdl-s2](http://www.jbptitbsi-gdl-s2.itb.ac.id), ITB, Bandung, 2005, (*online*), (<http://WWW.yahoosearch.com>), (info@lib.itb.ac.id), (WWW.ITBcentralibrary.com)
- Syafei Amri, ST., Dipl. E.Eng.,*Teknologi Beton A – Z*, Edisi Pertama, Penerbit Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta, 2005.
- SK SNI T – 15 – 1991 – 03. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*.. penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 2002

- T.A. Iwan Irawan, Studi Tentang Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kekuatan beton Normal K175, S2 – Thesis, Manajemen Rekayasa Konstruksi, [jbptitbsi-gdl-s2](#), ITB, Bandung, 2005, (*online*), (<http://WWW.yahoosearch.com>), ([info\[at\]lib.itb.ac.id](mailto:info[at]lib.itb.ac.id)), (WWW.ITBcentralibrary.com)
- Triono Budi Astanto, 2001., *Konstruksi beton Bertulang*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Vincent Gaspersz.,2006., *Teknik Analisis Dalam Penelitian Dan Percobaan*, penerbit Tarsito, Bandung, 2006.
- Wuryati Samekto, Candra Rahmadiyanto. *Teknologi Beton*, Penrbit Kanisius, Yogyakarta.
- Sudarmoko., *Pengaruh Panjang Serat Pada Sifat Struktur Beton Serat.*, Media Teknik, No.1, Th XV, edisi April 1993, No ISSN 0216 – 3012, Majalah Teknosains, Fakultas Teknik, UGM, Jogjakarta, 1991.
- Swamy, N.R.,and Al – Ta’an.Sa’ad, A., (1981), *Deformation And Ultimate Strength in Flexure of Reinforced Concrete Beams Made with Steel Fiber Concrete*, ACI, Materials Journal, Procceding 78, No.5, pp. 395 – 405.
- Qomariah. B.S., *Hubungan Tegangan – Regangan Beton Normal Dengan Serat Serpihan Besi*, Majalah Bestek, Vol 9, No. 1, PP 14 – 25, Jogjakarta, 2001

LAMPIRAN



LAMPIRAN I
HASIL PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

1. Maksud

Untuk menentukan pembagian butir agregat halus dengan menggunakan saringan, sehingga dapat diketahui apakah sesuai dengan standart ASTM C 33 maupun SNI S – 04 – 1989 – F atau tidak.

2. Tujuan

- a. untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase agregat halus
- b. mengetahui modulus kehalusan dari agregat halus

3. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji
- b. Satu set saringan agregat halus
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (100+5) C
- d. Alat pemisah contoh
- e. Mesin penguncang saringan
- f. Talam, kuas, sikat kuning, sendok dan alat – alat lainnya

4. Pelaksanaan

- a. Ambil bahan, timbang sampai mencapai berat bersih (netto) 1000 gram .(ASTM C 136)
- b. Bahan diisikan pada satu seri ayakan yang telah disusun dengan ayakan terbesar berada paling atas. Susunannya adalah sebagai berikut : 9.52 mm; 4,75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 0.6 mm; 0.3 mm; 0.15 mm dan 0.075 mm

5. Pengujian

Tabel Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Halus

SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
7.62	No.3"	0	0	0	0	100
63.5	No.2,5"	0	0	0	0	100
50.8	No.2"	0	0	0	0	100
38.1	No.1,5"	0	0	0	0	100
25.4	No.1"	0	0	0	0	100
19.1	No.3/4"	0	0	0	0	100
12.7	No.1/2"	0	0	0	0	100
9.5	No.3/8"	0	0	0	0	100
4.75	No. 4	20.5	20.5	2.07	2.07	97.93
2.36	No. 8	30.9	51.4	3.12	5.19	94.81

1.18	No. 16	87.8	139.2	8.87	14.06	85.94
0.6	No. 30	195.2	334.4	19.72	33.77	66.23
0.3	No. 50	450.7	785.1	45.52	79.30	20.70
0.15	No. 100	149.1	934.2	15.06	94.35	5.65
0.075	No. 200	55.9	990.1	5.65	100.00	0.00
Pan	Pan	4.7				
		990.1			328.744571	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Modulus kehalusan

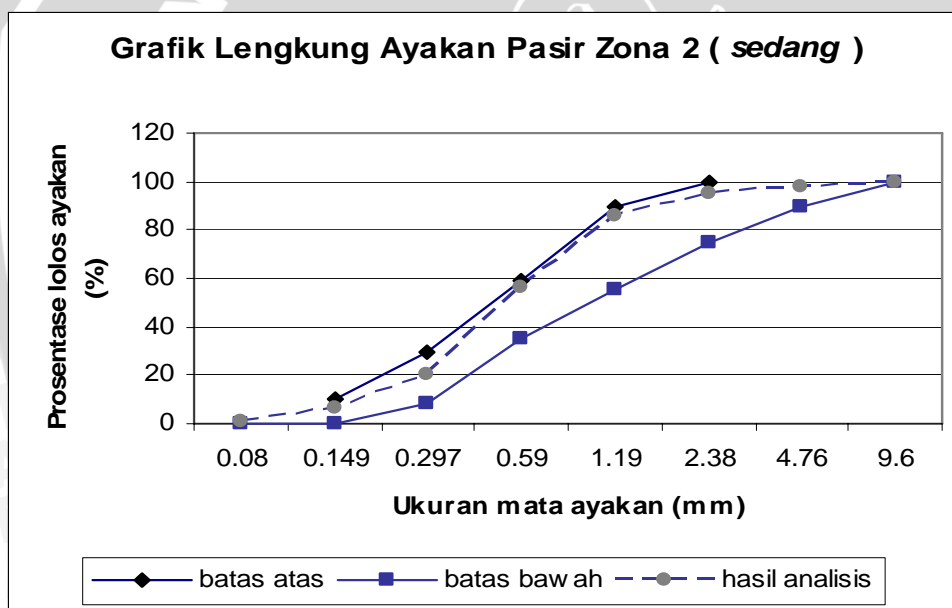
ASTM C 33 – 89a = 2.3 – 3.1

SNI S – 04 – 1989 – F = 1.5 – 3.8

Benda Uji = $(328.74 / 100) = 3,28 \sim 3.3$

Kandungan lumpur = 0.47 % < 5 % (SNI S – 04 – 1989 – F)

Grafik Analisa Ayakan Agregat Halus



Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

6. Kesimpulan

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa agregat halus termasuk agregat normal karena modulus halusnya 3,3 (sesuai standard) dan Pasir masuk dalam zona gradasi yang disyaratkan yaitu dalam zone II yang diklasifikasikan sebagai pasir agak kasar.

LAMPIRAN II

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

1. Maksud

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat halus, apakah sesuai dengan standard ASTM C 128 dan SNI M – 10 – 1989 – F atau tidak

2. Tujuan

- a. Untuk mendapatkan nilai untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan, dan berat jenis semu
- b. Mendapatkan nilai penyerapan air pada agregat halus.

3. Peralatan

- a. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0.1 gram
- b. Picnometer dengan kapasitas 500 gram
- c. Kerucut terpancung, diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm. dibuat dari logam tebal minimum 0.8 mm
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gr, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
- e. Saringan No.4 (4.75 mm)
- f. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) $^{\circ}$ C
- g. Pengukuran suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C
- h. Talam
- i. Bejana tempat air
- j. desikator

4. Pelaksanaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5) $^{\circ}$ C, sampai berat tetap, yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut – turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0.1 %, didinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.

- b. Buang air perendam dengan hati – hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik – balik benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD)
 - c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 - d. Segera setelah tercapai kondisi kering permukaan jenuh, masukan 500 gram benda uji kedalam piknometer, masukan air suling sampai mencapai 90 % isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya, untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
 - e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C
 - f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas
 - g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gram (B_t)
 - h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dengan desikator.
 - i. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (B_k)
 - j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).
5. Hasil pengujian

Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Nomor Contoh		A
Berat Benda Uji kering permukaan jenuh	500 (gr)	500
Berat Benda Uji kering oven	B _k (gr)	499.8
Berat Piknometer diisi air (pada suhu kamar)	B (gr)	1261.5
Berat piknometer+benda uji (ssd)+air(pada suhu kamar)	B _t (gr)	1579.6
Nomor Contoh		A
Berat jenis curah (bulk specific gravity)	B _k /(B+500-B _t)	2.75

Nomor Contoh		A
Berat jenis kering permukaan jenuh (bulk specific grafitry saturated surface dry)	$500/(B+500-Bt)$	2.75
Berat jenis semu (apparent specific grafitry)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2.75
Penyerapan (%) (absorption)	$(500-Bk)/(Bk \times 100\%)$	1.21

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

6. Kesimpulan

- Berat jenis (SSD) standar = 2.6 (ASTM C 128)
- Penyerapan = 3 % (ASTM C 128)
- Berat jenis curah = 2.748
- Berat jenis kering permukaan jenuh = 2.749
- Berat jenis semu = 2.751
- Penyerapan = 1.21



LAMPIRAN III
HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

1. Tujuan
Untuk mendapatkan nilai kadar air yang terkandung dalam agregat halus
2. Peralatan
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
 - b. Oven, yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C
 - c. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang dan catatlah berat talam (W_r)
 - b. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2)
 - c. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_r$)
 - d. Keringkan benda uji beserta talam dalam oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat tetap
 - e. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4)
 - f. Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_3 - W_4$)
4. Hasil pengujian

Tabel Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

NOMOR CONTOH	No. 01
NOMOR TALAM	A
1. Berat talam + contoh basah (gr)	1103.6
2. Berat talam + contoh kering (gr)	1103.1
3. Berat air = (1 - 2) (gr)	0.5
4. Berat talam (gr)	103.6
5. Berat contoh kering = (2 - 4) (gr)	999.5
6. Kadar air = (3/5) (%)	0.05

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

5. Kesimpulan
Kadar air pasir (rata-rata) = 0,05 %
Dari hasil uji pendahuluan maka kadar air pasir yang diperoleh memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran karena kurang dari 5%

LAMPIRAN IV
HASIL PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT KASAR

1. Maksud

Untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan saringan, sehingga dapat diketahui apakah sesuai dengan standart ASTM C 35 maupun SNI S – 04 – 1989 – F atau tidak.

2. Tujuan

- a. untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase agregat kasar
- b. mengetahui modulus kehalusan dari agregat kasar

3. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji
- b. Satu set saringan agregat halus
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (100+5) C
- d. Alat pemisah contoh
- e. Mesin penguncang saringan
- f. Talam, kuas, sikat kuning, sendok dan alat – alat lainnya

4. Pelaksanaan

- a. Ambil bahan, timbang sampai mencapai berat bersih (netto) 10000 gram.(ASTM C 136)
- b. Bahan diisikan pada satu seri ayakan yang telah disusun dengan ayakan terbesar berada paling atas. Susunannya adalah sebagai berikut : 38.1 mm, 25.4 mm, 19.1 mm, 9.52 mm, 4,75 mm, 2.38 mm.

5. Hasil pengujian

Tabel Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Kasar

SARINGAN		AGREGAT YANG DIAYAK			KUMULATIF	
SK SNI 08-1989-F		SISA AYAKAN (gr)			TERTAHAN	LOLOS
mm	inch	TERTAHAN	JUMLAH	%	%	%
7.62	No.3"	0	0	0	0	100
63.5	No.2,5"	0	0	0	0	100
50.8	No.2"	0	0	0	0	100
38.1	No.1,5"	0	0	0	0	100
25.4	No.1"	13.1	13.1	0.1311823	0.13118234	99.86882
19.1	No.3/4"	232.5	245.6	2.3282362	2.45941859	97.54058
9.5	No.3/8"	4814.6	5060.2	48.213016	50.6724347	49.32757
4.75	No. 4	3998.2	9058.4	40.037652	90.710087	9.289913
2.36	No. 8	597.7	9656.1	5.9853196	96.6954066	3.304593
1.18	No. 16	330.00	9986.1	3.3045934	100	0
0.6	No.30	0	9986.1	0	100	0
0.3	No.50	0	9986.1	0	100	0

0.15	No. 100	0	9986.1	0	100	0
0.075	No. 200	0	9986.1	0	100	0
Pan	Pan	2.6				
		9986.1			740.668529	

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Modulus kehalusan

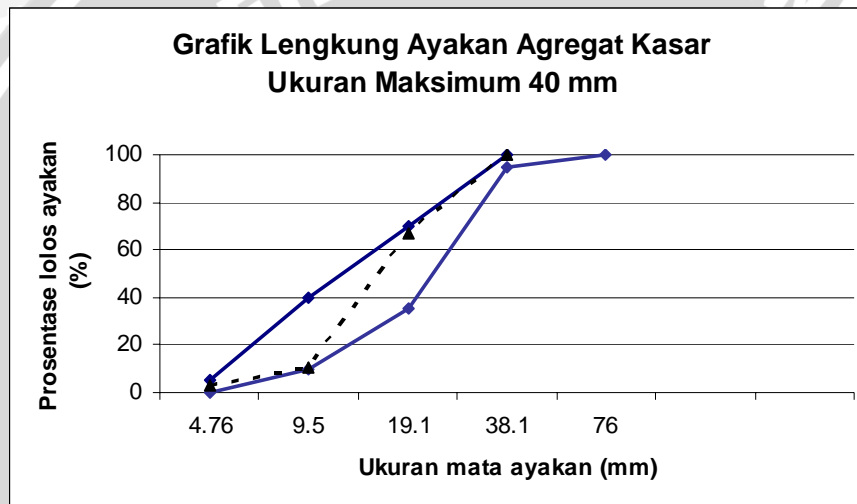
ASTM C 35 – 37 = 7.49 – 9.55

SNI S – 04 – 1989 – F = 6 – 7.10

Benda Uji = $(740.66 / 100) = 7.40$

Kandungan lumpur = $0.95 \% < 1 \%$ (SNI S – 04 – 1989 – F)

Grafik Analisa Ayakan Agregat Kasar



Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

6. Kesimpulan

Dari hasil pengujian tersebut agregat kasar yang digunakan tergolong agregat normal, dimana nilai modulus halusanya sebesar 7.40. Agregat batu pecah masuk dalam zona gradasi yang disyaratkan yaitu dalam zone agregat maksimum 40 mm

LAMPIRAN V

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

1. Maksud

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat kasar, apakah sesuai dengan standard ASTM C 127 dan SNI M – 12 – 1989 – F atau tidak

2. Tujuan

- Untuk mendapatkan nilai untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan, dan berat jenis semu agregat kasar
- Mendapatkan nilai penyerapan air pada agregat kasar.

3. Peralatan

- Keranjang kawat dengan kapasitas kira – kira 5 kg
- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan
- Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0.1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi alat penggantung keranjang
- Saringan No.4 (4.75 mm)
- Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C
- Alat pemisah contoh

4. Pelaksanaan

- Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan lain yang melekat pada permukaan agregat kasar.
- Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.
- Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 – 3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0.5 gram (Bk).
- Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam
- Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu – persatu
- Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj)
- Letakan benda uji didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu 25°C

5. Hasil pengujian

Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Nomor Contoh	A
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj) (gr)	5159.3
Berat benda uji kering oven (Bk) (gr)	4996.4
Berat benda uji di dalam air (Ba) (gr)	3289.5

Nomor Contoh	A
Berat jenis curah (Bulk specific gravity) (Bk/(Bj-Ba))	2.672
Berat jenis ssd (Bj/(Bj-Ba))	2.759
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2.927
Penyerapan (%) ((Bj-Bk)/Bk x 100%)	2.060

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

6. Kesimpulan

- Berat jenis (SSD) standar = 2.6 (ASTM C 127)
- Penyerapan = 3 % (ASTM C 127)
- Berat jenis curah = 2.672
- Berat jenis kering permukaan jenuh = 2.759
- Berat jenis semu = 2.927
- Penyerapan = 2.060

LAMPIRAN VI
HASIL PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

1. Tujuan

Untuk mendapatkan nilai kadar air yang terkandung dalam agregat kasar

2. Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
- Oven, yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)°C
- Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji

3. Pelaksanaan

- Timbang dan catatlah berat talam (W_r)
- Masukan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2)
- Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_r$)
- Keringkan benda uji beserta talam dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap
- Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4)
- Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_3 - W_4$)

4. Hasil pengujian

Tabel Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

NOMOR CONTOH	No. 01
NOMOR TALAM	A
1. Berat talam + contoh basah (gr)	5105.2
2. Berat talam + contoh kering (gr)	5073.3
3. Berat air = (1 - 2) (gr)	31.9
4. Berat talam (gr)	105.2
5. Berat contoh kering = (2 - 4) (gr)	4968.1
6. Kadar air = (3/5) (%)	0.64

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

5. Kesimpulan

Kadar air pasir (rata-rata) = 0.64 %

Dari hasil uji pendahuluan maka kadar air batu pecah yang diperoleh memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perencanaan campuran karena kurang dari 5%

LAMPIRAN VII
TABEL PERENCANAAN MIX DESIGN

No.	Uraian	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari,5%)	20	Mpa
2	Deviasi Standar	7	MPa
3	Nilai tambah (margin)	11.48	MPa
4	Kuat tekan rata-rata target	31.48	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis agregat halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas	0.55	(silinder)
8	Faktor air semen maksimum	0.6	
9	Slump	100-120	mm
10	Ukuran agregat maksimum	40	mm
11	Kadar air bebas	185	kgm ⁻³
12	Kadar semen	336.36	kgm ⁻³
13	Kadar semen maksimum	-	kgm ⁻³
14	Kadar semen minimum	-	kgm ⁻³
15	Gradasi agregat halus	zona 2	
16	Gradasi agregat kasar atau gabungan	-	
17	Persen agregat halus	35	%
18	Berat jenis relatif (ssd)	2.757	kgm ⁻³
19	Berat isi beton	2473	kgm ⁻³
20	Kadar agregat gabungan	1951.64	kgm ⁻³
21	Kadar agregat Halus	683.07	kgm ⁻³
22	Kadar agregat kasar	1268.56	kgm ⁻³

Jadi untuk 1m³ campuran dibutuhkan

Semen : 336.36 kg = 337 kg

Pasir : 683.07 kg = 684 kg

Kerikil : 1268.56 kg = 1269 kg

Air : 185 kg

Perencanaan Campuran Beton (Mix Desain)

1. Kuat tekan yang disyaratkan $f'c = 20$ MPa
2. Deviasi standar = 7 Mpa
3. Nilai tambah = $1.64 \times 7 = 11.48$ MPa
4. Kuat tekan target $f'cr = 31.48$ MPa
5. Jenis semen adalah Semen Portland Tipe 1
6. – Jenis agregat halus alami
– Jenis agregat kasar batu pecah
7. – Nilai FAS bebas : tabel VIII.2 (37 MPa)
– Grafik 1 : FAS = 0,55
8. Nilai FAS max. = 0,600
9. Nilai slump = 10 cm – 12 cm , ditetapkan nilai slump 60 -180 mm
10. Ukuran butiran max. kerikil = 40 mm
11. Nilai kadar air bebas = $\frac{2}{3} \times 175 + \frac{1}{3} \times 205 = 185 \text{ kg/m}^3$ (tabel VIII.3)
12. Kadar semen = $185 / 0,55 = 336.36 \text{ kg/m}^3$
13. Kadar semen minimum = 275 kg/m^3 (tabel VIII.4)
14. Pasir berada dalam zona 2

Perhitungan prosentase agregat

berdasarkan hasil analisa saringan untuk saringan no. 4

% lolos agregat halus $(a/100) = 97.94\%$

% lolos agregat kasar $(b/100) = 3.18 \%$

$$\frac{a}{100}x + \frac{b}{100}y = \frac{c}{100}$$

dimana $(c/100)$ diambil dari grafik batas gradasi gabungan untuk ukuran besar butir maksimum 40 mm

$c/100 = 36\% \sim$ (diambil dari zona B)

jadi

$$97.94x + 3.18y = 36$$

didapatkan:

$$x = 35\%$$

$$y = 65\%$$

$$97.94(0.35) + 3.18(0.65) = 36.346 \sim \text{masuk zona B}$$

jadi

prosentase agregat halus = 35%

prosentase agregat kasar = 65%

15. Berat jenis relatif agregat :

- Berat jenis agregat halus = 2,75

- Berat jenis agregat kasar = 2,76

- Berat Jenis relatif = $0,35 (2,75) + 0,65 (2,76) = 2,757$

16. Berat jenis beton = 2473 kg/m^3 (grafik 2)

17. Kadar agregat gabungan = $2473 - 185 - 336.36 = 1951.64 \text{ kg/m}^3$

18. Kadar agregat halus = $0,35 \times 1951.64 = 683.07 \text{ kg/m}^3$

19. Kadar agregat kasar = $1951.64 - 683.07 = 1268.56 \text{ kg/m}^3$

20. Perbandingan campuran beton :

Semen : 336.36 kg/m^3

Air : 185 kg/m^3

Pasir : 683.07 kg/m^3

Kerikil : 1268.56 kg/m^3



LAMPIRAN VIII
RANCANGAN KEBUTUHAN MATERIAL

Lampiran VIII.1 Tabel Hasil rancangan material silinder beton diameter 15 cm tinggi 30 cm (5 buah)

Variasi serat	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Aluminium (kg)
0%	8.91	4.901	18.197	33.609	-
1%	8.91	4.901	18.197	33.609	0.197
2%	8.91	4.901	18.197	33.609	0.3946
3%	8.91	4.901	18.197	33.609	0.592

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

Perhitungan Perencanaan Material

Dalam penelitian digunakan 5 buah benda uji silinder untuk setiap komposisi campuran, dimana volume silinder = 0.00529875 ($3.14m \times 0.15^2m \times 0.25 \times 0.30m$).

Maka untuk kebutuhan material untuk 5 buah benda uji silinder adalah :

1. Semen = $336.36 \text{ kg/m}^3 \times 0.00529875 \text{ m}^3 \times 5 \text{ buah}$
= 8.91 kg
2. Air = $185 \text{ kg/m}^3 \times 0.00529875 \text{ m}^3 \times 5 \text{ buah}$
= 4.901 kg
3. Agregat Halus = $683.07 \text{ kg/m}^3 \times 0.00529875 \text{ m}^3 \times 5 \text{ buah}$
= 18.197 kg
4. Agregat Kasar = $1268.56 \text{ kg/m}^3 \times 0.00529875 \text{ m}^3 \times 5 \text{ buah}$
= 33.609 kg

Lampiran VIII.2 Tabel Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa) Pada Umur (Hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I, atau Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : Tabel 2, SNI-T-15-1990-03:6

Lampiran VIII.3 Tabel Perkiraan kadar air bebas (kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 100
10 mm	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20 mm	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
30 mm	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : Tabel 6, SNI-T-15-1990-03:13

Lampiran VIII.4 Tabel Persyaratan jumlah semen dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

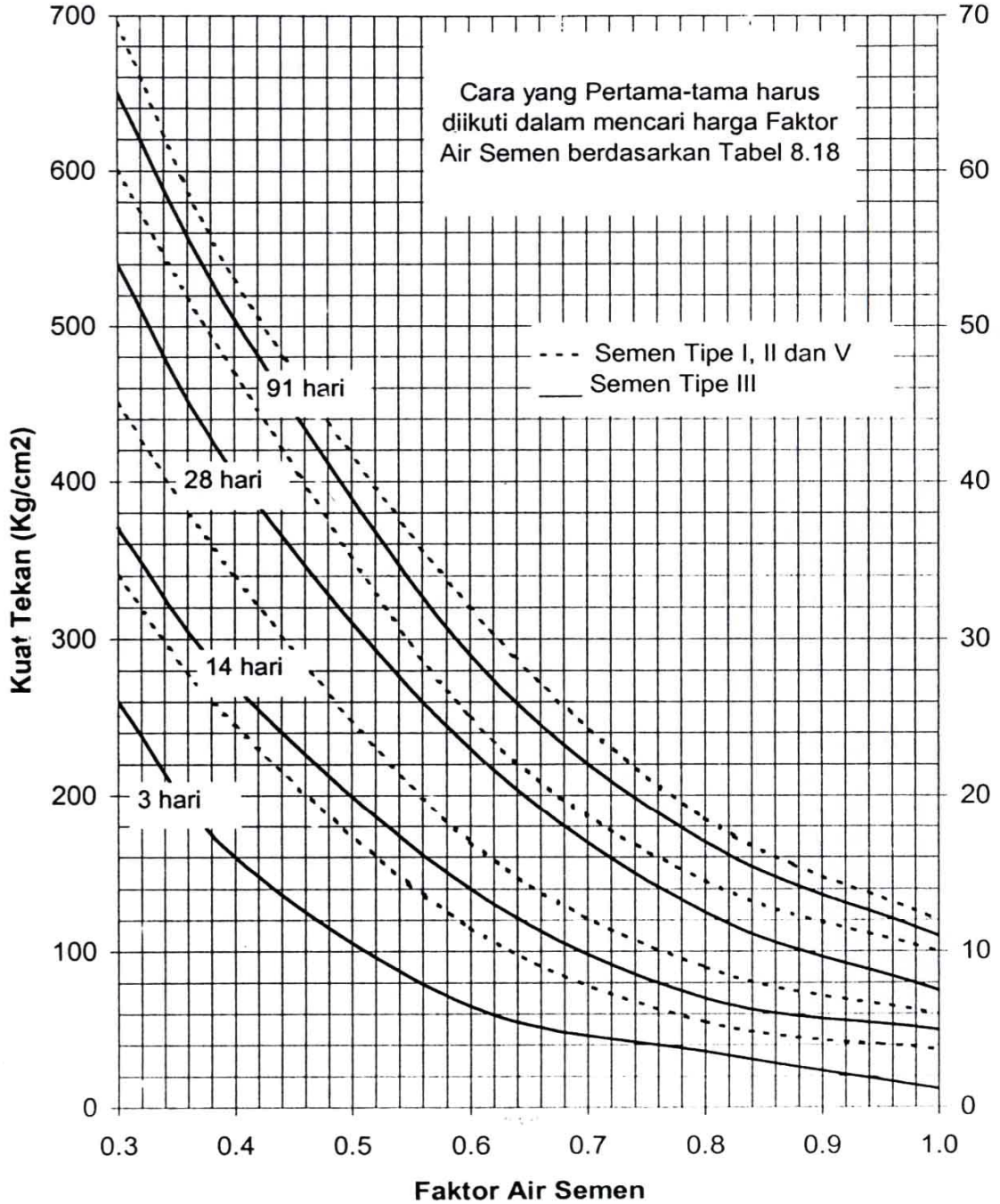
Deskripsi	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg)	FAS
Beton di dalam ruangan bangunan :		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap Korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti - ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	375	Lihat tabel 4 (SNI)
Beton yang terus - menerus berhubungan dengan air :		
a. Air tawar	275	Lihat tabel 5 (SNI)
b. Air laut	375	

Sumber : Tabel 3, SNI-T-15-1990-03:7

Lampiran VIII.5

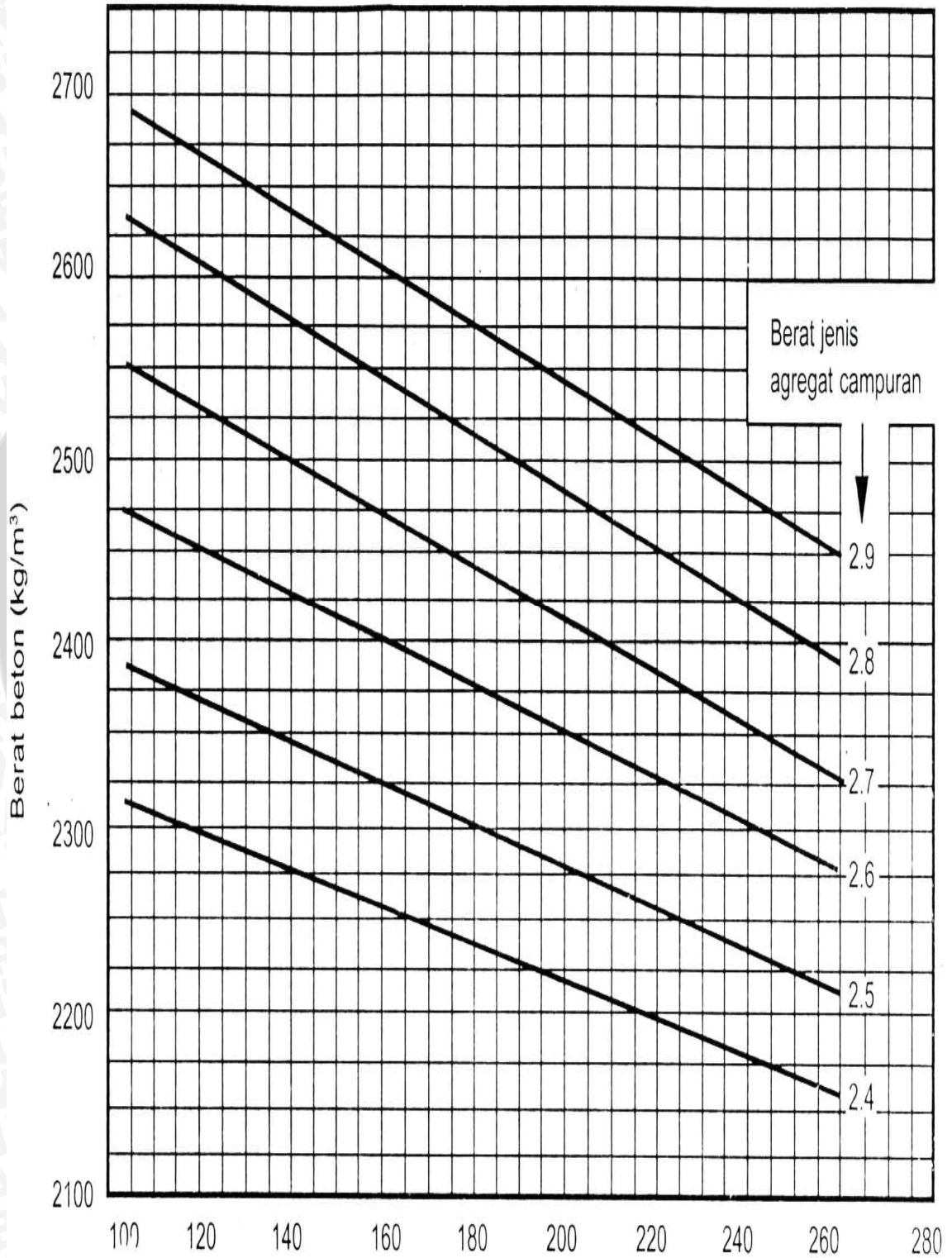
Grafik 1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

(benda uji berbentuk silinder 15/30 cm)



Lampiran VIII.6

Grafik 2 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan



LAMPIRAN IX
Tabel Standar Spesifikasi Semen

Jenis Pengujian	SNI	ASTM	HASIL
	15-2049-94	C 150-02	UJI
	PC I	PC I	PC I
Komposisi Kimia:			
Silikon Dioksida (SiO ₂),%	-	-	20,92
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₂),%	-	-	5,94
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃),%	-	-	3,78
Kalsium Oksida (CaO),%	-	-	65,21
Magnesium Oksida (MgO),%	≤ 6,00	≤ 6,00	0,97
Sulfur Trioksida (SO ₃),%	≤ 3,50	≤ 3,50	2,22
Hilang Pijar (LOI),%	≤ 5,00	≤ 3,00	1,35
Kapur Bebas ,%	-	-	0,59
Bagian tidak Larut ,%	≤ 3,00	≤ 0,75	0,43
Alkali (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O),%	≤ 0,60	≤ 0,60	0,19
Tricalcium Silicate (C ₃ S),%	-	-	57,82
Dicalcium Silicate (C ₂ S),%	-	-	16,36
Tricalcium Aluminate (C ₃ A),%	-	-	8,16
Tetracalsium Aluminate Ferrit (C ₄ AF),%	-	-	11,50

LAMPIRAN X

HASIL PENGUJIAN SERAT ALUMINIUM

Hasil pengujian dilaboratorium diperoleh berat jenis serat yaitu 1.52

Tabel Berat Jenis Aluminium

Nomor Contoh	A
Volume (V) (ml)	100
Berat benda uji (Bt) (gr)	152
Berat jenis (gr/ml)	1.52

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

LAMPIRAN XI

PENGUJIAN SLUMP TEST

1. Tujuan

Untuk memperoleh angka slump beton

2. Peralatan

- a) Cetakan dari logam tebal minimum 1.2 mm berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm ; bagian atas dan bawah terbuka
- b) Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat
- c) Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata, dan kedap terhadap air
- d) Mistar ukur

3. Cara Pengujian

- a) Basahilah cetakan dan plat dengan kain basah
- b) Letakan cetakan diatas pelat dengan kokoh
- c) Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam tiga lapis, tiap lapis berisi kira – kira 1/3 cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata.
- d) Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan, kemudian cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus keatas ; seluruh pengujian mulai pegisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2.5 menit.
- e) Balikan cetakan dan letakan perlahan – lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji.

4. Hasil Pengujian

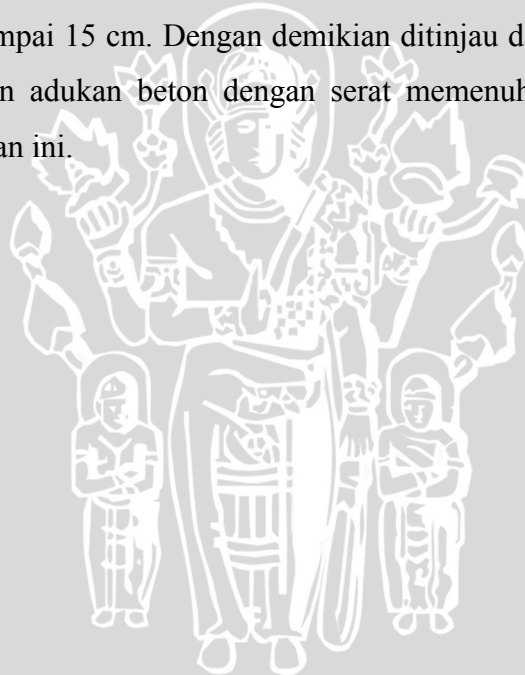
Tabel Hasil Pengujian Slump Silinder

No	Kode	Jumlah	% Tambahan serat	Slump (cm)	Berat jenis (kg/cm ³)
1	BN 0%	5	0	11.5	2473
2	BF 1%	5	1	9	2433
3	BF 2%	5	2	12	2255
4	BF 3%	5	3	10.6	2232

Sumber : Hasil Pengujian Lab Beton dan Aplikasi Semen PT. Semen Gresik. Tbk

5. Kesimpulan

Menurut standard ASTM C 143, syarat nilai slump untuk adukan beton dengan serat adalah antara 1 inchi (2.54 cm) sampai 4 inchi (10.16 cm), sedangkan untuk beton normal antara 5 sampai 15 cm. Dengan demikian ditinjau dari nilai slump diatas, adukan beton normal dan adukan beton dengan serat memenuhi syarat untuk dapat digunakan dalam penelitian ini.



LAMPIRAN XII

PERHITUNGAN KUAT TEKAN BETON UMUR 28 HARI

No Benda Uji	% Tambahan Serat	Luas (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0%	176.625	54800	31.026	30.799
2		176.625	52000	29.441	
3		176.625	57800	32.725	
4		176.625	36200	20.495	
5		176.625	53000	30.007	
6	1%	176.625	23100	13.078	12.767
7		176.625	23000	13.022	
8		176.625	22500	12.739	
9		176.625	16800	9.512	
10		176.625	21600	12.230	
11	2%	176.625	30500	17.268	9.873
12		176.625	18000	10.191	
13		176.625	18250	10.332	
14		176.625	16500	9.342	
15		176.625	17000	9.625	
16	3%	176.625	18000	10.191	11.267
17		176.625	21350	12.088	
18		176.625	21350	12.087	
19		176.625	19400	10.984	
20		176.625	19400	10.984	

LAMPIRAN II LAMPIRAN XIII PERALATAN PENELITIAN

Pada pelaksanaan penelitian diperlukan berbagai macam peralatan untuk menunjang kelancaran serta untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian. Adapun alat – alat yang dipergunakan antara lain :

1. Alat pemotong

Alat pemotong berupa gunting seng dan tang kecil digunakan untuk membuat serat limbah aluminium menjadi potongan – potongan yang sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.

2. Mesin Desak

Mesin yang digunakan untuk kuat desak adalah Compression Testing Machine merek “ Tinius Olsen “ dengan kapasitas 200000 kg. Mesin ini selain dipakai sebagai alat pengujian kuat desak, juga digunakan sebagai alat pengujian kuat tarik dan kuat lentur beton.

3. Timbangan

Timbangan yang digunakan dipenelitian ada dua macam, yaitu timbangan dengan kapasitas besar dan kapasitas kecil. Timbangan kapasitas besar dengan merek “ Toledo “, dengan kapasitas 300 kg, sedangkan timbangan dengan kapasitas kecil merek “ Fragile “ dengan kapasitas 20 kg, dan satu timbangan elektrik untuk mengukur berat jenis agregat

4. Alat Pembebanan

Untuk pembebanan digunakan alat Universal Testing Machine, Alat ini dapat dipasangkan pada mesin kuat desak, digunakan untuk memberikan beban pengujian kuat lentur.

5. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

Mesin yang bentuk dan prinsip kerjanya seperti alat pengaduk adonan roti ini mempunyai kapasitas adukan sebesar 0.2 m^3 , mesin aduk dengan merek “ Lancaster “, memiliki tiga buah mata untuk mengaduk dan digerakan oleh mesin penggerak dengan bantuan tenaga listrik. Setelah selesai mengaduk, alat pengaduk dapat ditarik keatas agar memudahkan pengambilan adukan beton.

6. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan adukan beton, yaitu dengan uji slump. Tinggi kerucut 30 cm dengan lubang dikedua ujungnya, lubang bagian atas mempunyai diameter 10 cm, sedangkan lubang bagian bawah berdiameter

20 cm. Alat ini dilengkapi dengan tongkat pemadat terbuat dari baja dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujungnya dibulatkan dan bebas dari karat. Untuk mengukur besarnya nilai slump yang terjadi dengan menggunakan mistar ukur.

7. Cetakan Benda Uji

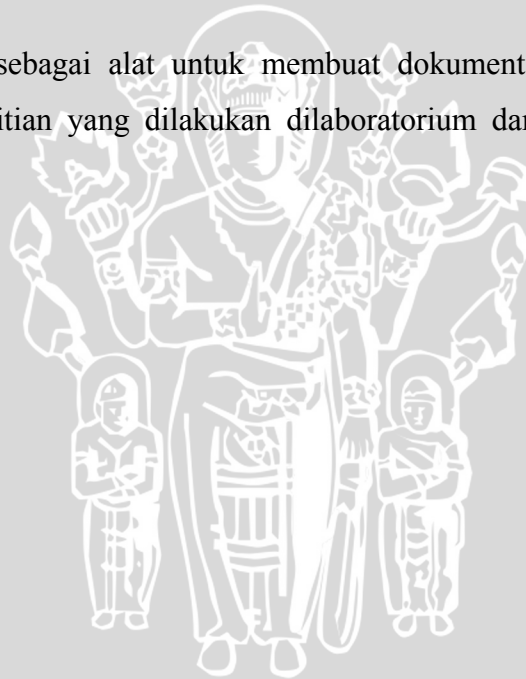
Cetakan yang digunakan adalah cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji kuat tekan, sedangkan cetakan balok ukuran 15 x 15 x 75 cm untuk uji kuat lentur. Cetakan silinder dan balok terbuat dari logam yang sisi –sisinya dapat dilepas satu sama lain. Sebelum pengecoran dimulai, semua sisi dalam diberi oli bekas agar setelah beton kering, cetakan silinder dan balok mudah untuk dilepaskan.

8. Oven dengan Pengatur Suhu.

Alat pemanas yang digunakan untuk mengeringkan agregat dapat diatur suhunya sesuai kebutuhan

9. Kamera

Kamera dipakai sebagai alat untuk membuat dokumentasi setiap langkah – langkah pekerjaan penelitian yang dilakukan dilaboratorium dari awal sampai akhir penelitian.



LAMPIRAN II LAMPIRAN XIV HASIL PERHITUNGAN SPSS

MODEL: MOD_2.

Independent Variable: VAR00002

Minimum value: .00

The independent variable contains values of zero. Models INVERSE and S cannot be calculated.

The independent variable contains non-positive values. Models LOGARITHMIC and POWER cannot be calculated.

Independent: VAR00002

Dependent b2	Mth b3	Rsq	d.f.	F	Sigf	Upper bound	b0	b1
VAR00001	LIN	.564	18	23.28	.000	23.8454	-5.3180	
12 VAR00001	LOG							
11 VAR00001	INV							
VAR00001	QUA	.837	17	43.54	.000	27.9799	-17.721	
4.1345								
VAR00001	CUB	.883	16	40.10	.000	28.7389	-29.612	
15.5188	-2.5298							
VAR00001	COM	.568	18	23.65	.000	22.0433	.7510	
12 VAR00001	POW							
11 VAR00001	S							
VAR00001	GRO	.568	18	23.65	.000	3.0930	-.2864	
VAR00001	EXP	.568	18	23.65	.000	22.0433	-.2864	
VAR00001	LGS	.568	18	23.65	.000	.0454	1.3316	

Notes:

11 Independent variable has values of zero.

12 Independent variable has non-positive values.

LAMPIRAN II LAMPIRAN XV

DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Persiapan bahan dan peralatan



Gambar.1



Gambar.2



Gambar.3



Gambar.4



Gambar.5



Gambar.6



Gambar 7



Gambar 8

2. Pengujian Bahan



Gambar 1



Gambar 2



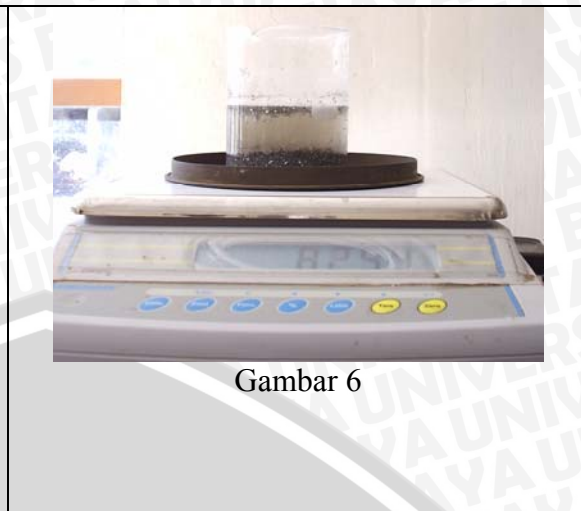
Gambar 3



Gambar 4

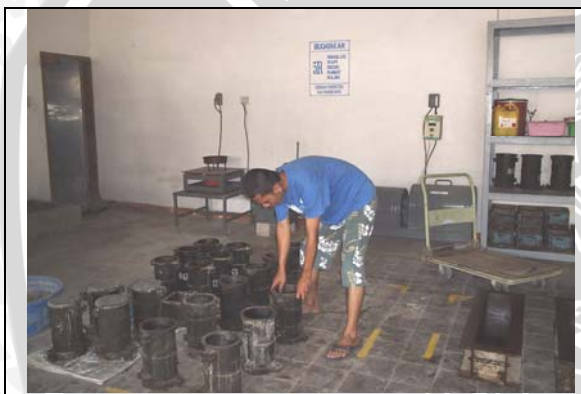


Gambar 5



Gambar 6

3. Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6



Gambar 7



Gambar 8

4. Pengujian Slump



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4

5. Reaksi Pada Saat Pembuatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2

6. Pelepasan Bekisting dan Perawatan Benda Uji



Gambar 1



Gambar 2

7. Capping



Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3



Gambar 4

8. Pengujian Kuat Tekan



Gambar 1



Gambar 2





Gambar 3



Gambar 4



Gambar 5



Gambar 6



KETERANGAN GAMBAR :**1. Persiapan bahan dan peralatan**

- a. Gb. 1. Bahan material untuk campuran beton
- b. Gb. 2. Pengambilan bahan material untuk diuji
- c. Gb. 3. Serat dari limbah aluminium sebagai filler
- d. Gb. 4. Alat timbangan
- e. Gb. 5. Menimbang berat material campuran beton
- f. Gb. 6. Memotong serat sesuai kebutuhan
- g. Gb. 7. Serat aluminium yang digunakan
- h. Gb. 8. Alat pengaduk yang digunakan.

2. Pengujian Bahan

- a. Gb. 1. Uji analisa ayakan untuk agregat halus
- b. Gb. 2. Uji analisa ayakan untuk agregat kasar
- c. Gb. 3. Pengujian berat jenis dan absorpsi untuk agregat halus dan kasar
- d. Gb. 4. Menimbang berat talam
- e. Gb. 5. Pengujian berat jenis serat limbah aluminium
- f. Gb. 6. Menimbang berat jenis serat aluminium

3. Proses Pembuatan Benda Uji

- a. Gb. 1. Menyiapkan cetakan untuk benda uji silinder dan balok
- b. Gb. 2. Cetakan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm.
- c. Gb. 3. Membasahi mesin pengaduk (mixer) dengan air sebelum dipakai.
- d. Gb. 4. Memasukan bahan campuran beton kedalam mixer.
- e. Gb. 5. Memasukan serat aluminium kedalam adukan beton
- f. Gb. 6. Proses pencampuran serat pada adukan beton
- g. Gb. 7. Memasukan beton serat kedalam cetakan silinder
- h. Gb. 8. Beton dalam cetakan silinder

4. Pengujian Slump

- a. Gb. 1. Memasukan adukan beton kedalam kerucut Abrams
- b. Gb. 2. Memadatkan adukan beton sebanyak 25 tusukan tiap lapis
- c. Gb. 3. Mengukur nilai slump untuk beton normal.
- d. Gb. 4. Mengukur nilai slump untuk beton serat.

5. Reaksi Pada Saat Pembuatan Benda Uji

- a. Gb. 1. Reaksi yang terjadi antara serat aluminium dengan beton
- b. Gb. 2. Reaksi yang terjadi antara serat aluminium dengan beton setelah beton mengeras

6. Pelepasan Bekisting dan Perawatan Benda Uji

- a. Gb. 1. Pelepasan cetakan benda uji setelah umur satu hari
- b. Gb. 2. Memasukan benda uji kedalam bak rendaman selama 28 hari.

7. Capping

- a. Gb. 1. Silinder beton siap di *capping*.
- b. Gb. 2. Alat *capping*.
- c. Gb. 3. Proses *capping*.
- d. Gb. 4. Silinder beton setelah di *capping*.

8. Pengujian Kuat Tekan dan Regangan

- a. Gb. 1. Silinder beton yang akan di uji.
- b. Gb. 2. Pemasangan alat modulus dan persiapan pengujian.
- c. Gb. 3. Pengujian kuat tekan dan modulus.
- d. Gb. 4. Pengujian kuat tekan dan modulus.
- e. Gb. 5. Benda uji setelah pengujian.
- f. Gb. 6. Potongan benda uji tanpa campuran serat aluminium