

KAJIAN SERAPAN DAN PENETRASI BETON NORMAL BERSERAT GALVALUM AZ 150

*(Study Of Absorption And Penetration Normal Concrete
With Galvalum AZ 150 Fibre)*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

FAUZAN AL HAKIM
NIM I 0107076

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2012

commit to user

HALAMAN PERSETUJUAN
KAJIAN SERAPAN DAN PENETRASI BETON NORMAL
BERSERAT GALVALUM AZ 150

*(Study Of Absorption And Penetration Normal Concrete
With Galvalum AZ 150 Fibre)*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun Oleh :

FAUZAN AL HAKIM
NIM I 0107076

Telah disetujui dan dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Fakultas
Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. A. Mediyanto, MT
NIP 19620118 199702 1 001

Ir. Slamet Prayitno, MT
NIP 19591227 198601 1 001

commit to user

HALAMAN PENGESAHAN
KAJIAN SERAPAN DAN PENETRASI BETON NORMAL
BERSERAT GALVALUM AZ 150

*(Study Of Absorption And Penetration Normal Concrete
With Galvalum AZ 150 Fibre)*

SKRIPSI

Disusun Oleh :

FAUZAN AL HAKIM
NIM 10107076

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendaratan Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret pada hari: Jum'at, 27 Januari 2012

Susunan Tim Penguji:

1. Ir. A. Mediyanto, MT
NIP 19620118 199702 1 001 (.....)
2. Ir. Slamet Prayitno, MT
NIP 19591227 198601 1 001 (.....)
3. Setiono, ST, MSc
NIP. 19720224 199702 1 001 (.....)
4. Ir. Endang Rismunarsi, MT
NIP 19570917 198601 2 001 (.....)

Mengetahui,
a.n. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Pembantu Dekan I

Mengesahkan,
Ketua Jurusan
Teknik Sipil

Kusno Adi Sambowo, ST, MSc, PhD
NIP. 19691026 199503 1 002

Ir. Bambang Santosa, MT
NIP. 19590823 198601 1 001

KATA PENGANTAR

Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul **“Kajian Serapan dan Penetrasi Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150”**.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Segenap pimpinan beserta staf Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap pimpinan beserta staf Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. A. Mediyanto, MT selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ir. Slamet Prayitno, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Ir. Purwanto, MT selaku Dosen Pembimbing Akademis.
6. Ir. Endang Rismunarsi, MT dan Setiono, ST, MSc selaku Dosen Penguji pada Ujian Pendadaran Tugas Akhir.
7. Rekan rekan satu kelompok yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.
8. Kedua Orang Tua penulis yang selalu mensupport dan mendoakan saya.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna baik dari segi isi maupun penyajiannya, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca.

Surakarta, Januari 2012

Penulis

commit to user

MOTTO

“..dan bumi telah dibentangkannya untuk makhlukNya, di dlamnya ada buah-buahan dan pohon kurma yang mempunyai koelopak mayang dan biji-bijian yang berkulit dan bunga-bunga yang harum baunya. Maka nikmat Tuhan mu yang manakah yang kamu dustakan..(Q.S. Ar-Rahman: 10-13).”

“Kuberi satu rahasia padamu kawan.... Buah paling manis dari bermimpi adalah kejadian kejadian menakjubkan dalam perjalanan menggapainya.(Andrea Hirata-MaryamahKarpov)”

“Teruslah bergerak, hingga kelelahan itu lelah mengikutimu.

Teruslah berlari, hingga kebosanan itu bosan menjejarmu.

Teruslah berjalan, hingga keletihan itu letih bersamamu.

Teruslah bertahan, hingga kefuturan itu futur menyertaimu.

Teruslah berjaga, hingga kelesuan itu lesu menemanimu.”

“Hidup ini harus dihadapi. Terus dihadapi, jangan fokus pada masalah, tapi fokus pada solusi. Kalau kita berlarut-larut dalam masalah, kita akan jadi orang yang hanya bisa menyerah, pasrah. Dan akhirnya mati”

Ada 2 hal yang mesti kita ingat: Kebaikan orang lain sama kita dan keburukan kita sama orang lain. Tapi ada 2 hal yang mesti kita lupakan, kebaikan kita pada orang lain dan keburukan orang lain pada kita.”

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah atas segala nikmat, karunia serta hidayahNya

Dan Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Rasulullah SAW

Dengan segala kerendahan hati kupersembahkan karya ini kepada....

Allah SWT

Dengan Izin dan RidhoMu lah ada dan tiadanya sesuatu

Mama dan Papa

Do'a, kasih sayang serta pengorbanan kalian kepada anak-anakmu tercinta

Adek-adekku Tercinta

Canda, Tawa, Duka, Tangis, Cinta dan Kebersamaan yang indah karna Allah

Rekan-rekan Mahasiswa Angkatan 2007 Teknik Sipil

Terima kasih atas kerjasamanya selama kuliah, mengerjakan tugas, ujian hingga skripsi selama dikampus. Semoga dapat bertemu di lain kesempatan yang lebih baik. amin.

Semua Sahabat-sahabat ku...

Segenap Civitas Teknik UNS, Santri2 dan Ustadz2 Pesma Arroyyan, Pengurus (SKI FT, BIAS FT, BIAS UNS, HMS, BEM UNS, JN UKMI UNS) dan PHT JN UKMI UNS, Ttamen2 Nasyid (Arroyyan Voice, Albanna dan 4teens), Penghuni Kost (Salman dan Mulya Arta), Crew MH FM Solo, Tim PKM2ku, Tim KWU2ku, Adek2 AAI dan Smuphy, dan Semua Teman-teman Seperjuangan di Kampus Tercinta UNS.

ABSTRAK

Fauzan Al Hakim, 2012. Kajian Serapan dan Penetrasi Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Waterfront city merupakan konsep pengembangan wilayah pesisir untuk meningkatkan perekonomian dan pemerataan pembangunan. Beton menjadi material pilihan pada lingkungan pesisir yang agresif. Lingkungan agresif memiliki kandungan klorida, sulfat dan derajat keasaman tinggi yang dapat mengakibatkan beton menjadi keropos. Sifat kedap air yang tinggi diharapkan mampu menahan beton terhadap lingkungan yang agresif. Penggunaan bahan tambah dapat meningkatkan kualitas beton. Bahan tambah serat Galvalum AZ 150 pada beton sebagai tulangan mikro dapat mengatasi kelemahan sifat beton terhadap beban tarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah serat Galvalum AZ 150 pada beton normal terhadap nilai serapan dan penetrasi sebagai tolak ukur beton kedap air.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan 12 buah benda uji serapan air dan 12 buah benda uji penetrasi. Benda uji tersebut adalah beton dengan bahan tambah serat Galvalum AZ 150 dengan variasi kadar serat 0%; 0,33%; 0,66% dan 1% dari volume adukan. Setiap variasi tersebut terdiri dari tiga buah benda uji. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm. Serapan dan penetrasi beton diuji pada umur 28 hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah serat Galvalum AZ 150 dengan kadar serat 0 %, 0,33 %, 0,66 % dan 1 % pada beton normal memenuhi syarat untuk beton kedap air normal dengan nilai serapan 1,50% - 1,80% untuk perendaman 10+0,5 menit yang memenuhi syarat maksimum sebesar 2,5%, nilai serapan 5,11% - 6,01% untuk perendaman 1 x 24 jam yang memenuhi syarat maksimum sebesar 6,5%. Dan juga memenuhi syarat untuk beton kedap air agresif sedang dengan kedalaman penetrasi 32,33 mm – 40,67 mm yang memenuhi batas maksimum agresif sedang sebesar 50 mm. Sedangkan nilai slump yang diperoleh berkisar antara 5,5 – 7 cm dan kuat tekan antara 35,67 – 41,35 Mpa.

Kata kunci: Lingkungan Agresif, Beton Berserat Galvalum AZ 150, Serapan dan Penetrasi.

ABSTRACT

Fauzan Al Hakim, 2012. *Study Of Absorption And Penetration Normal Concrete With Galvalum AZ 150 Fibre*. Final Project. Department of Civil Engineering, University of Sebelas Maret, Surakarta.

Waterfront City is the concept of development of coastal territory to increase the economy and distribution of development. Concrete become material choice in aggressive coastal environment. The aggressive environment has content of chloride, sulphate and level of high acidity that can result in concrete becoming porous. Low permeability of concrete can keep the concrete in aggressive environment. The use of additive can increase the quality of concrete. Galvalum AZ 150 fiber additive materials in concrete as reinforcement can overcome the weakness of concrete from burden pulled. This research aimed to get the influence of use Galvalum AZ 150 fiber additive to the normal concrete on absorption and penetration as waterproof concrete.

This research used the experiment methods in laboratory, with 12 object of absorption test and 12 object of penetration test. This test object was normal concrete with variation of the level fibre 0%, 0,33%, 0,66% and 1% Galvalum AZ 150 fibre of concrete volume. Each variation consisted of three test objects. The test object is a cylinder concrete with diameter 7,5 cm and high 15 cm. The absorption and penetration of concrete were tested in the age 28 days.

The test result show that the use Galvalum AZ 150 fibre additive with level of fibre 0 %, 0.33 %, 0.66 % and 1 % to normal concrete filled the condition for normal waterproof concrete with value of absorption 1,50% - 1.80% for submersion 10+0.5 minutes that filled condition for the maximum of 2.5% then the absorption 5,11% - 6.01% for submersion 1 x 24 hour that filled condition for the maximum of 6.5%. And also filled condition for medium aggressive waterproof concrete with the value of penetration 32,33 - mm 40,67 mm that filled the medium aggressive maximum limit of 50 mm. Then the slump values obtained between 5,5 - 7 cm and compressive strength between 35,67 - 41.35 MPa.

Keywords: *Aggressive Environment, Normal Concrete With Galvalum AZ 150 Fibre, Absorption and Penetration.*

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan daerah kepulauan, namun dalam pengembangan kota masih banyak mengadopsi model pengembangan kota wilayah kontinental seperti Pulau Jawa, Bali dan lainnya. Pengembangan wilayah pesisir merupakan solusi yang sangat bagus untuk meningkatkan perekonomian dan pemerataan pembangunan. Salah satu konsep pembangunan yang mulai banyak dilirik oleh para investor untuk dikembangkan di Indonesia yang notabene merupakan negara maritim adalah konsep *Waterfront city*.

Konsep *waterfront city* atau pembangunan kota yang berbatasan langsung dengan air seperti sungai, pelabuhan dan pesisir ini sudah sukses dikembangkan jauh sebelumnya oleh beberapa negara seperti Singapura, Jepang, Inggris, Amerika dan beberapa negara lainnya, sehingga membuat pemerintah Indonesia pun mendukung proyek penerapan konsep ini di beberapa kota misalnya Jakarta, Banten, Batam dan Ambon. Selain konsep *waterfront city*, banyak lagi bangunan yang sudah sejak dulu dibangun di wilayah pesisir diantaranya dermaga, pelabuhan, pemecah gelombang, jetti, jembatan bentang panjang seperti Suramadu, dan masih banyak yang lainnya.

Sifat air laut yang agresif menuntut bangunan di lingkungan air laut memerlukan bahan bangunan yang tahan terhadap air laut. Beton menjadi pilihan bahan bangunan yang tepat untuk digunakan di wilayah pesisir dibanding dengan baja yang sifatnya sangat korosif. Sifat beton yang lebih tahan terhadap korosi, mudah dibentuk dan mudah dalam pengerjaan sangat menguntungkan untuk pembangun di wilayah pesisir terutama dalam skala besar.

Kekedapan yang tinggi pada beton merupakan salah satu sifat fisik yang menandakan beton tersebut baik. Kekedapan diartikan tidak dapat dilewati air

atau gas. Sebaliknya permeabilitas beton adalah sifat kemampuan beton untuk dilewati cairan atau gas (Neville & Brooks, 1987). Pasta semen yang mengeras memiliki struktur yang berpori (Tjokrodinuljo, 1996), yang akan berpengaruh terhadap rembesan dan permeabilitas beton. Beton dengan permeabilitas rendah akan sulit dilalui air maupun gas sehingga pasta maupun tulangan baja pada beton bertulang sendiri tidak teranggu oleh faktor perusak yang berasal dari lingkungan sekitarnya terutama pada lingkungan agresif. Kadar asam yang tinggi, serta kandungan sulfat (SO_4) dan klorida (Cl) pada lingkungan agresif yang mampu menembus pori beton akan sangat berpengaruh pada kekuatan beton.

Ruang pada beton yang diisi oleh air maupun udara selama proses hidrasi akan menjadi ruang-ruang kosong setelah proses hidrasi selesai. Ruang kosong tersebut yang dinamakan pori kapiler pada beton. Jumlah atau besarnya ruang kosong pada beton yang disebut sebagai porositas. Semakin besar porositas beton maka kepadatan beton yang dihasilkan pun semakin rendah, sehingga berimbas pada kekuatan beton tersebut. Hal itu disebabkan oleh lekatan antar partikel penyusun beton yang lemah akibat rongga atau pori yang terdapat pada beton.

Penggunaan bahan tambah seperti serat pada beton dapat meningkatkan kualitas beton. Penambahan campuran serat-serat pada campuran beton sebagai tulangan mikro yang tersebar secara acak dapat mengatasi sifat keruntuhan getasnya terhadap beban tarik-aksial, beban tarik-fleksural, dan beban tarik-geser.

Serat untuk campuran beton dengan bahan non fabrikasi (bahan yang diproduksi bukan untuk difungsikan sebagai serat) terbukti dapat difungsikan sebagai pengganti bahan serat untuk beton, sebagai contoh penggunaan kawat bendrat seperti penelitian yang dilakukan Suhendro (1991). Penelitian serupa dengan bahan serat yang lain pada beton juga menunjukkan peningkatan kuat tarik hal ini mengacu penelitian Wibowo (2002), Mediyanto dkk (2003 - 2004), serta Sambowo dan Mediyanto (2006 -2007).

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, salah satu ide yang muncul adalah serat dari bahan *Galvalum AZ 150* yang memiliki unit densitas lebih rendah daripada serat baja (sehingga masih dapat mempertahankan berat jenis beton agar tetap ringan) dan memiliki sifat mekanis yang cukup baik. Dan juga *Galvalum AZ 150* ini mempunyai kuat tarik maksimum $6224,24 \text{ kg/cm}^2$ angka ini setara dengan kekuatan baja BJTD 39 atau lebih tinggi dibandingkan dengan kawat bendrat yang memiliki kuat tarik $3000 - 4500 \text{ kg/cm}^2$, hasil penelitian Mediyanto (2005). Galvalum yang terbuat dari zinc (seng) yang dilapisi dengan aluminium ini juga tahan terhadap serangan korosi. Dari penelitian ini diharapkan menghasilkan kualitas beton yang lebih baik sehingga muncul jenis beton serat tipe baru yang berkualitas tinggi dan dapat dipabrikasi secara mudah.

Kajian keawetan (*durability*) beton normal berserat Galvalum AZ 150 sebagai sebuah tolok ukur untuk keperluan perencanaan sangat diperlukan. Penelitian ini mengevaluasi ketahanan beton ini terhadap beban dari lingkungannya yang berupa serapan air dan penetrasinya sebagai tolok ukur keawetan beton.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumusan masalah yaitu seberapa besar nilai serapan dan penetrasi beton normal berserat galvalum AZ 150 pada variasi campuran yang telah ditentukan.

1.3. Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam penelitian maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a. Semen yang digunakan adalah semen PPC.
- b. Mix Design rencana menggunakan metode sesuai SK.SNI.T-15-1990-03.
- c. Benda uji untuk pengujian serapan dan penetrasi berupa silinder dengan dimensi 75 mm tinggi 150 mm.

- d. Berat galvalum yang ditambahkan adalah 0 % ; 0,33% ; 0,66% ; dan 1 % dari berat beton.
- e. Mutu Beton Rencana K350 atau $f'_c = 29,05$ MPa
- f. Agregat alam yang digunakan adalah yang berbentuk pecah dan bulat.
- g. Umur Beton pengujian untuk beton adalah umur 28 hari.
- h. Serat yang digunakan adalah serat galvalum AZ 150 yang dipotong-potong sepanjang 50 mm dan lebar 2 mm.
- i. Penelitian ini tidak membahas reaksi kimia yang terjadi akibat penambahan serat galvalum AZ 150.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah serat galvalum AZ 150 terhadap nilai serapan dan penetrasi.
- b. Mengetahui kadar serat Galvalum AZ 150 pada beton normal yang memenuhi syarat beton kedap air.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton.
- b. Menambah pengetahuan tentang beton normal berserat galvalum AZ 150 ditinjau dari nilai serapan dan penetrasinya.
- c. Mengembangkan pengetahuan mengenai sifat – sifat beton serat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Nawy (1996) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Material beton umumnya terdiri atas semen, agregat, air dan bahan tambah. Perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang diisyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi.

Penggunaan bahan campuran tambahan (*admixture*) pada beton merupakan salah satu cara peningkatan mutu beton. Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan yang bukan air, agregat maupun semen yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran (ASTM C 125).

Beberapa penelitian terdahulu (Suhendro, 1991; Alsayed, 1998; Mediyanto, 2001; Wibowo, 2002; Mediyanto, et.al., 2004; Sambowo, dan Mediyanto, 2007;) telah mengkaji peranan dan kinerja bahan tambah serat non fabrikasi untuk campuran beton yang ternyata dapat difungsikan sebagai bahan pengganti serat untuk beton dan dapat meningkatkan kinerja serta karakteristik beton. Sedangkan *Galvalum AZ 150* sendiri mempunyai kuat tarik maksimum $6224,24 \text{ kg/cm}^2$ angka ini setara dengan kekuatan baja BJTD 39 (Mediyanto 2005).

Penggunaan serat (*fiber*) sebagai bahan tambah dalam campuran beton adalah salah satu cara, dimana penambahan *fiber* dalam campuran beton yang disebar secara merata dalam adukan beton dengan orientasi random dapat menjadi tulangan sehingga mengurangi keretakan yang terlalu dini di daerah tarik akibat pengaruh pembebanan (Suhendro : 2000).

Penggunaan aspek rasio serat yang tinggi mengakibatkan serat cenderung menggumpal menjadi bola (*balling effect*) yang sulit tersebar merata dalam proses pengadukan. Batas aspek rasio maksimal yang masih memungkinkan terjadinya pengadukan yang mudah pada adukan beton serat adalah 50. (Sudarmoko, 1993).

Menurut Kardiyono Tjokrodinuljo, beton serat (*fiber concrete*) adalah bahan komposit terdiri dari beton biasa dan bahan lainnya yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5-500 μ m (mikro meter) dan panjang sekitar 25mm-100mm. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja.

Durabilitas beton adalah ketahanan beton terhadap proses-proses yang dapat merusak beton, yang terjadi akibat hasil interaksi dengan lingkungan (eksternal), atau antar material penyusun dengan bahan-bahan pencemar dalam beton atau pada permukaan beton (internal), (Jackson dan Dhir, 1996)

Kekuatan dan durabilitas pada beton juga dipengaruhi oleh jumlah pori yang terkandung pada beton tersebut. Pasta semen yang mengeras memiliki struktur yang berpori (Tjokrodinuljo, 1996). Kandungan pori yang terlalu banyak pada beton mengakibatkan beton tersebut menjadi porous sehingga zat-zat perusak dapat mudah masuk ke dalam beton.

Permeabilitas beton dapat diartikan kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton. Pengujian dilakukan dengan *mensealed* beton dengan air yang bertekanan. Permeabilitas beton juga dipengaruhi dari sifat semen, untuk perbandingan air atau semen yang sama. Semen yang butirannya kasar cenderung menghasilkan pasta semen yang mengeras dengan porositas yang lebih tinggi daripada semen yang butirannya lebih halus (Neville, 1995).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Pengertian Beton

Beton adalah batu tiruan yang terbuat dari campuran semen, agregat dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dalam perbandingan tertentu. Pencampuran material penyusun beton dilakukan sampai merata sehingga diperoleh beton yang homogen. Campuran beton yang rata ditandai dengan sifat campurannya plastis, dapat dituang dalam cetakan dan bisa dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Campuran beton akan mengalami pengerasan akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung dalam jangka waktu yang panjang atau dengan kata lain beton akan bertambah keras sejalan dengan umur beton tersebut.

2.2.2. Beton Serat

Menurut Kardiyono Tjokrodumuljo, beton serat (*fiber concrete*) ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lainnya yang berupa serat. Menurut ACI Committee 544 (Sudarmoko dan Pribadi, 1997), beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus dan kasar, serta sejumlah kecil serat. Penambahan serat dimaksudkan untuk memberi tulangan serat pada beton, yang disebar secara random (acak) untuk mencegah retak-retak yang terjadi akibat pembebanan.

Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5mm sampai 55mm, dan panjang sekitar 25mm sampai 100mm. Bahan serat dapat berupa : serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat palstik (polypropylene), atau potongan kawat baja. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada beton, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari pada beton biasa.

Ber macam serat direkomendasikan untuk digunakan sebagai perkuatan beton, namun tipe serat secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 4 menurut ACI Committee 544, yaitu:

1. SFRC (*Steel Fiber Reinforced Concrete*)
2. GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*)
3. SNFRC (*Synthetic Fiber Reinforced Concrete*)
4. NFRC (*Natural Fiber Reinforced Concrete*)

Adapun spesifikasi serat-serat yang sering digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Spesifikasi Serat-serat yang Sering Digunakan :

Fiber	Spesific grafity	Tensite Strenght	Young's Modulus (10 ³ ksi)	Comman Diameters (in)	Comman Length (in)
Steel	7.86	100-300	30	0.0005-0.04	0.5-1.5
Glass	2.7	Up to 180	11	0.004-0.003	0.5-1.5
Poly propilen	0.91	Up to 100	0.14-1.2	Up to 0.1	0.5-1.5
Carbon	1.6	Up to 100	7.2	0.0004-0.0008	0.02-0.5

Soroushian dan Bayasi, 1987

Dengan penambahan serat kedalam adukan beton maka sifat-sifat struktural beton dapat diperbaiki. Serat-serat didalam beton bersifat mekanis, sehingga tidak akan bereaksi secara kimiawi dengan bahan-bahan beton lainnya. Serat hanya membantu mengikat dan mempersatukan campuran beton setelah terjadinya pengikatan awal dengan semen.

Serat pada beton dapat menunda retaknya beton, membatasi penambahan retak dan juga membantu ketidakmampuan semen Portland yang tidak dapat menahan regangan dan benturan menjadi ikatan komposit kuat dan lebih tahan retak. Serat juga memperbaiki daktilitas beton dan perilaku terutama retak beton sebelum beton hancur.

commit to user

Serat untuk campuran nonpabrikasi (bahan yang diproduksi bukan untuk difungsikan sebagai serat) terbukti dapat difungsikan sebagai pengganti bahan serat untuk beton, sebagai contoh penggunaan kawat bendrat seperti penelitian yang dilakukan Suhendro (1997) dan penggunaan serat plastik (Alsayed,1998; Mediyanto,2001; Wibowo,2002). Dengan merujuk pada hasil penelitian sebelumnya maka digunakan serat Galvalum AZ 150.

2.2.3. Material Penyusun Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150

2.2.3.1. Semen Portland Pozolan (PPC)

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982, dalam Tjokrodinuljo, 1996). Sedangkan Semen Portland pozzolan atau dikenal juga sebagai Portland Pozzolan Cement (PPC) merupakan semen hidrolisis yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dengan bahan pozzolan (*Trass atau Fly Ash*) halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan bahan pozzolan bersama-sama atau mencampur secara merata semen Portland dan bahan pozzolan atau gabungan antara menggiling dan mencampur.

Semen PPC ini juga baik untuk bangunan yang memerlukan panas hidrasi sedang serta ketahanan sulfat sedang seperti pada lingkungan bergaram dan berair seperti dermaga, bangunan irigasi, bendungan dan bangunan tepi laut. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga untuk mengisi rongga-rongga antar butir agregat. Empat unsur yang paling penting dalam semen adalah:

- Trikalsium silikat* (C_3S) atau $3CaO.SiO_3$
- Dikalsium silikat* (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
- Trikalsium aluminat* (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$
- Tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.FeO_2$

Tabel 2.2. Jenis Semen Portland di Indonesia Sesuai SII 0013-81

Jenis semen	Karakteristik umum
Jenis I	Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti disyaratkan pada jenis-jenis lain
Jenis II	Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
Jenis III	Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi
Jenis IV	Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
Jenis V	Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat

(Sumber : Tjokrodimuljo (1996))

2.2.3.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 60 % - 80 % dari volume mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Menurut Tjokrodimuljo (1996), agregat halus adalah agregat yang berbutir kecil antara 0,15 mm dan 5 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk

mortar bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat.

Berdasarkan ASTM C 125-03 “*Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*” agregat halus adalah agregat yang lolos saringan 4,75 mm (No. 4) dan tertahan pada saringan 75 μ m (No. 200)

Menurut Bina Marga “Persyaratan Agregat Halus” (2002) adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- 2) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % terhadap jumlah berat agregat kering. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5 %, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu (SNI 03-2461-2002).
- 3) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal demikian dapat dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams Header* dengan menggunakan larutan NaOH.
- 4) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - (a) Sisa di atas ayakan 4 mm , harus minimum 2 % berat.
 - (b) Sisa di atas ayakan 1 mm , harus minimum 10 % berat.
 - (c) Sisa di atas ayakan 0,25 mm , harus berkisar antara 80 % - 90 % berat.

Pasir di dalam campuran beton sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Untuk memperoleh hasil beton yang seragam, mutu pasir harus dikendalikan. Oleh karena itu pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang ditentukan. Batasan susunan butiran agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Batasan Susunan Butiran Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : Tjokrodinuljo (1996))

Keterangan:

Daerah 1 : Pasir kasar

Daerah 2 : Pasir agak kasar

Daerah 3 : Pasir agak halus

Daerah 4 : Pasir halus

b. Agregat Kasar

Menurut Tjokrodinuljo (1996) disebutkan bahwa agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar antara 5 mm dan 40 mm. Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Berdasarkan ASTM C 125-03 “*Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*” agregat kasar adalah suatu agregat yang tertahan pada saringan 4,75 mm (No. 4).

Sifat-sifat bahan bangunan sangat perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, kita dapat menentukan

langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (*hardness*), bentuk dan tekstur permukaan (*shape and texture surface*), berat jenis agregat (*specific gravity*), ikatan agregat kasar (*bonding*), modulus halus butir (*fineness modulus*), dan gradasi agregat (*grading*).

Menurut Bina Marga “Persyaratan Agregat Kasar” (2002) adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20 % dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan (ASTM D-4791).
- 2) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % yang ditentukan terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci (SNI 03-4142-1996).
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali (SNI 03-3407-1994).
- 4) Kekerasan butir-butir agregat kasar yang diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudelof dengan beton pengujian 20 ton, yang harus memenuhi syarat-syarat :
 - (a) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24 % berat.
 - (b) Tidak terjadi pembubukan sampai 19-30 mm lebih dari 22 % berat.Kekerasan ini dapat juga diperiksa dengan mesin *Los Angeles*. Dalam hal ini tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50 % (SNI 03-2417-1991).
- 5) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - (a) Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus 0 % berat .
 - (b) Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90 % dan 98 % berat.
 - (c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.

Batasan susunan butiran agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95 – 100
10	10-35	22-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Tjokrodinuljo (1996)

Susunan untuk butiran (gradasi) yang baik akan dapat menghasilkan kepadatan (*density*) maksimum dan porositas (*voids*) minimum. Sifat penting dari suatu agregat (baik kasar maupun halus) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Bentuk dari partikel agregat dapat mempengaruhi kebutuhan air, *workability*, kemampuan untuk diangkut (*mobility*), *bleeding*, kemampuan untuk membentuk hasil akhir yang baik (*finishability*) dan kekuatan. Partikel yang lebih bulat (*rounded*) memberikan *workability* yang lebih baik dibandingkan dengan partikel yang bentuknya pecah atau bersudut. Hal ini disebabkan karena sedikitnya bidang kontak antar partikel yang dialami oleh partikel bulat, sehingga gaya gesek antar partikel menjadi lebih kecil dan aliran campuran beton menjadi lebih mudah.

Bentuk agregat juga mempengaruhi kuat tekan pada beton. Campuran yang menggunakan agregat dengan bentuk pecah dan bersudut akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang lebih tinggi karena kekuatan ikatan antar partikelnya besar. Kekuatan ikatan yang besar tersebut dikarenakan bidang kontak antara partikel dengan pasta yang besar.

2.2.3.3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat dan perawatan beton, penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang memenuhi syarat sebagai air minum, memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Tetapi tidak berarti air harus memenuhi persyaratan air minum. Jika diperoleh air dengan standar air minum, maka dapat dilakukan pemeriksaan secara visual yang menyatakan bahwa air tidak berwarna, tidak berbau, dan cukup jernih. Menurut Tjokrodimuljo (1996), dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Menurut Tjokrodimuljo (1996) kekuatan beton dan daya tahannya berkurang jika air mengandung kotoran. Pengaruh pada beton diantaranya pada lamanya waktu ikatan awal serta kekuatan beton setelah mengeras. Adanya lumpur dalam air diatas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Air dapat memperlambat ikatan awal beton sehingga beton belum mempunyai kekuatan dalam umur 2-3 hari. *Sodium karbonat* dan *potasium* dapat menyebabkan ikatan awal sangat cepat dan konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton.

2.2.3.4. Bahan Tambah

a. Pengertian Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan selain air, agregat, semen dan perkuatan dengan menggunakan serat yang digunakan sebagai bahan campuran semen untuk memodifikasi sifat beton segar, waktu pengerasan, dan kinerja beton saat keras

dan ditambahkan ke dalam adukan sebelum atau selama proses pencampuran (*mixing*) (ASTM C 125, 2003)

b. Galvalum AZ 150

Penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa serat galvalum. Galvalum AZ 150 sendiri terbuat dari Zinc (Seng) yang dilapisi dengan Aluminium (55% Aluminium, 43,4% Zinc dan 1,6% Silicon) yang memiliki berat lapisan 150 gr/m², tebal lapisan 0,47 mm-0,60 mm dan kuat tarik sebesar 550 MPa. Galvalum ini juga tahan terhadap serangan korosi karena adanya lapisan Aluminium yang tahan terhadap sifat korosif. Berdasarkan pada penelitian beton ringan berserat galvalum oleh Mediyanto, 2003 beberapa sifat dan perilaku beton yang dapat diperbaiki setelah penambahan serat adalah

- a. Kekuatan terhadap lentur dan tarik
- b. Ketahanan terhadap beban kejut
- c. Sifat daktilitas beton
- d. Ketahanan terhadap keausan
- e. Kekuatan geser beton

Keunggulan inilah yang dijadikan dasar dalam pemilihan serat galvalum dalam pembuatan beton normal berserat, selain dikarenakan serat galvalum memiliki unit densitas yang lebih rendah dari serat baja.

2.2.4. Beton Kedap Air

2.2.4.1. Definisi Beton Kedap Air

Berdasarkan SNI 03-2914-1992 definisi dari beton kedap air adalah beton yang tidak tembus air dan harus memenuhi ketentuan minimum sebagai berikut :

1. Untuk beton kedap air normal, apabila diuji dengan cara perendaman dalam air :
 - a. Selama 10 + 0,5 menit, absorpsi (resapan) maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven.

- b. Selama 24 jam, absorpsi (resapan) maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.
2. Untuk beton kedap air agresif, apabila diuji dengan cara tekanan air maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas sebagai berikut :
 - a. Agresif sedang : 50 mm
 - b. Agresif kuat : 30 mm

Tabel 2.5 Tekanan Air Pada Sampel Beton dan Waktu Penekanan

Tekanan Air (kg/cm ²)	Waktu (jam)
1	48
3	24
7	24

(Sumber : Suwandojo siddiq, makalah seminar ITB, 1987)

2.2.4.2. Spesifikasi Beton Kedap Air

2.2.4.2.1. Bahan yang digunakan untuk membuat beton kedap air adalah :

1. Semen dengan tipe sebagai berikut :
 - a. Semen portland tipe I-V.
 - b. Semen portland pozzoland (SPP).
2. Agregat dengan mutu harus memenuhi standar yang berlaku dan gradasi agregat harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7
3. Air dengan mutu harus sesuai ketentuan yang berlaku.
4. Bahan tambahan harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Halus

Ayakan (mm)	Batas % Berat Yang Lewat Ayakan			
	Umum	Khusus		
		Kasar	Sedang	Halus
10	100	-	-	-
5	89-100	-	-	-
2,36	60-100	60-100	65-100	80-100
1,18	30-100	30-90	45-100	70-100
0,60	15-100	15-54	25-80	55-100
0,30	5-20	5-40	5-48	5-70
0,15	0-15			

(Sumber: SNI 03-2914-1992)

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Kasar

Ayakan (mm)	% Berat Yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat		
	40-55 mm	20-55 mm	10-5 mm
50	100	-	-
37,5	95-100	100	100
20	35-70	85-100	90-100
10	10-40	50-85	50-85
5	0-5	0-50	0-10

(Sumber: SNI 03-2914-1992)

2.2.4.2.2. Ketentuan minimum beton bertulang kedap air :

Proporsi campuran beton harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9

Tabel 2.8 Kandungan Butir Halus 0,30 mm dalam 1m³ Beton

Ukuran Normal Maksimum Butir Agregat (mm)	Minimum Kandungan Butir Halus Dalam 1m ³ Beton (kg/m ³)
10	520
20	450
40	400

(Sumber: SNI 03-2914-1992)

Tabel 2.9 Ketentuan Minimum Untuk Beton Bertulang Kedap Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan Dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum kg/m ³ Ukuran Nominal Maksimum Agregat	
				400 mm	200 mm
Ber-tu-lang	Air Tawar	0,5	Tipe I-V	280	300
	Air Payau	0,45	Tipe I+Pozzolan(15%-40%) atau semen Portland Pozzoland	340	380
		0,5	Tipe II atau Tipe V	290	330
	Air Laut	0,45	Tipe II atau Tipe V	330	370

(Sumber: SNI 03-2914-1992)

2.2.5. Serapan Air

2.2.5.1. Serapan Air sebagai Salah Satu Faktor Durabilitas

Durabilitas beton adalah ketahanan beton terhadap proses-proses yang dapat merusak beton, yang terjadi akibat hasil interaksi dengan lingkungan (eksternal),

atau antar material penyusun dengan bahan-bahan pencemar dalam beton atau pada permukaan beton (internal), (Jackson dan Dhir, 1996)

Durabilitas beton dipengaruhi oleh beberapa kondisi :

1. Kondisi eksternal adalah kondisi yang disebabkan kerusakan karena pengaruh lingkungan luar. Kerusakan-kerusakannya antara lain :
 - Kerusakan mekanikal : akibat adanya benturan, erosi, abrasi
 - Kerusakan *chemical* : akibat reaksi antara *silica* dan alkali, gerakan dari ion agresif, serangan sulfat, asam.
2. Kondisi internal adalah kondisi yang disebabkan kerusakan dari dalam beton itu sendiri. Kerusakan-kerusakannya antara lain :
 - Kerusakan *physic* : akibat adanya temperatur tinggi, akibat pertukaran kering dan basah, akibat masuknya air ke dalam beton.

Pengukuran durabilitas atau daya tahan beton terhadap kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat dibuat melalui pengukuran dari sifat-sifat *permeation* yang didefinisikan sebagai kemudahan air untuk memasuki ataupun keluar dari beton yang berpori. (Dhir, 1987)

Serapan (*absorption*) sebagai salah satu sifat dari *permeation* dapat didefinisikan sebagai proses dimana beton diletakkan dalam cairan misalnya air, atau dalam larutan encer dan dipengaruhi oleh adanya tindak kapiler.

Nilai dimana air dapat masuk atau menembus beton yang berpori disebut serapan air, dan biasanya dinyatakan dalam bentuk prosentase.

Berdasarkan Kardiyono Tjokrodinuljo (1996), serapan air pada beton dirumuskan:

$$\text{Serapan Air} = \frac{W - W_k}{W_k} \times 100\% , \text{ dengan} \quad (2. 1)$$

W = Berat beton pada kondisi SSD (kering permukaan)

W_k = Berat beton pada kondisi kering oven

2.2.5.2. Mekanisme Masuknya Air ke Dalam Beton

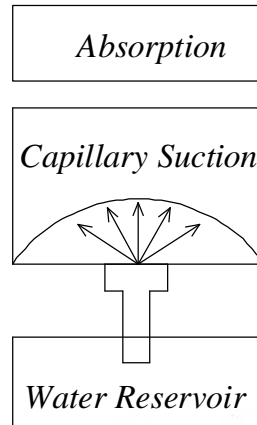
Masuknya gas, air atau ion dalam suatu larutan ke dalam beton berlangsung melalui pori-pori atau *micro-cracks* didalam campuran pasta semen. Variasi dari perbedaan fisik dan mekanisme kimia dapat membangun pengaliran media tersebut ke dalam beton, tergantung dari unsur yang mengalir dan konsentrasinya, kondisi lingkungan, struktur pori pada beton, jari-jari pori atau lebar dari *micro-cracks*, kelembaban dari sistem pori dan temperatur.

Penelitian mengenai karakteristik pengaliran pada beton diwujudkan dalam satu mekanisme pengaliran dalam rangka untuk mendapatkan koefisien pengaliran sesuai dengan dasar permodelan secara teoritis proses pengaliran. Prosedur ini bagaimanapun juga sangat terbatas sebab dalam beberapa kasus beton tidak sebagai suatu bentuk yang berpori seragam. Sebagai konsekuensinya struktur fisik beton dapat berubah, penyerapan kimia dapat terjadi dan berbagai macam mekanisme pengaliran dapat berlangsung selama proses percobaan. Oleh karena itu, penyederhanaan asumsi harus dilakukan dalam perhitungan dan prosedur test standar adalah wajib.

Ada 3 cara mekanisme transportasi air yang dapat beroperasi pada media semi-permeable seperti juga pada beton (Jackson dan Dhir, 1996 : 2381), yaitu :

1. *Absorption* (penyerapan)

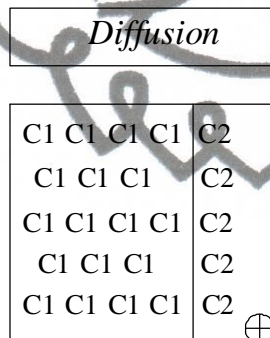
Terjadi dengan cara masuknya air melalui pipa kapiler atau pori-pori pada beton dan biasanya terjadi pada bangunan air. Aliran zat cair yang disebabkan oleh tegangan permukaan. Secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 *Absorption* (Penyerapan)

2. *Diffusion*

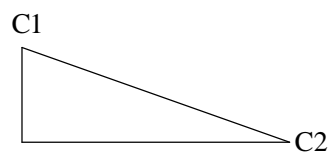
Terjadi akibat perbedaan konsentrasi baik cairan, gas maupun ion. Perbedaan konsentrasi atau molaritas bahan fluida membuat transport terjadi dari media konsentrasi tinggi ke media dengan konsentrasi rendah. Secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.2



Keterangan notasi :

C1: konsentrasi tinggi

C2: konsentrasi rendah

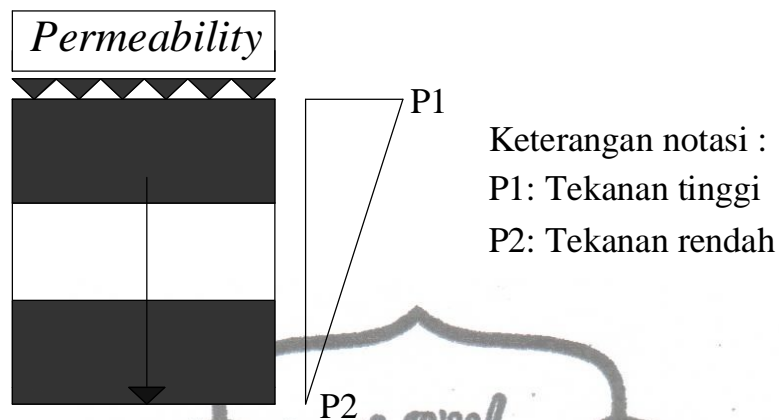


Gambar 2.2 *Diffusion*

3. *Permeability*

Terjadi akibat perbedaan tekanan, baik tekanan cairan maupun tekanan gas. Contohnya adalah pada bangunan yang selalu bersinggungan dengan tekanan

air, tangki dan atau pipa bertekanan, bangunan penahan air, dam, bendungan atau bangunan di dalam air. Secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 *Permeability* (permeabilitas)

2.2.5.3. Hal-Hal Yang Mempengaruhi Besar Serapan Air

Menurut Edward J. Garboczi, 1995 (dalam Nurchalief Arief Wibowo, 2004) terdapat dua teori yang dapat menerangkan hal-hal yang mempengaruhi besar serapan air, yaitu :

1. Sistem Pori (*Pori System*)

Adanya pori pada beton sangat berpengaruh besar pada besar serapan air beton itu, semakin banyak pori yang terdapat pada beton maka serapan airnya semakin besar, demikian pula berlaku sebaliknya.

Menurut Jean Pierre Ollivier, 1995, pori pada beton dapat timbul diakibatkan oleh 3 hal, yaitu :

a. Pori Agregat

Pori agregat adalah lubang atau rongga kecil dalam butiran agregat yang terjadi karena adanya udara yang terjebak (*air void*) dalam butiran agregat ketika pembentukannya / dekomposisi mineral pembentuk tertentu oleh perubahan cuaca.

Dikarenakan agregat menempati sebanyak 60-70% volume beton, maka porositas agregat memberikan kontribusi yang cukup besar pada porositas beton. (Kardiyono, 1996)

b. Pori Pasta Semen

Pori pasta semen adalah lubang atau rongga yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan. (Kardiyono, 1996)

Gelembung udara ini timbul akibat pemakaian air yang berlebihan pada adukan, padahal jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi semen hanya berkisar 25% saja dari berat semennya, kelebihan air ini penting guna memperoleh campuran yang mudah dikerjakan, namun akibat kelebihan air pada adukan, air ini akan menggunakan ruangan yang apabila kering akan menguap (*water filled space*) dan akan menimbulkan rongga udara dalam pasta semen, atau dengan kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen bepori lebih banyak. (L.J.Murdock dan K.M.Brook, 1991:23)

Pori yang disebabkan oleh gelembung udara yang terperangkap (*air void*) dan air yang menguap (*water filled space*) dan saling berhubungan dinamakan pori kapiler (*capillary porous*), (Irwan Sutanto, 2003).

c. Pori pada Zona Transisi (*Interface Zone*)

Karakteristik yang terlihat dari pori ini adalah :

- 1) Mempunyai porositas kapiler yang tinggi
- 2) Pada umumnya mempunyai pori kapiler yang berukuran besar

Pori pada interface zone ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, yaitu :

- 1) Efek dari pengadukan yang tidak sempurna
- 2) Tingkat pemadatan
- 3) Karakteristik bleeding
- 4) Pemberian bahan tambah (*admixture*)
- 5) Interaksi kimia antar agregat dan pasta semen

(J.P.Ollivier, 1995)

2. Hubungan (Connectivity)

Hubungan antar pori juga menentukan besar seapan air, hal ini dapat dijelaskan berdasar Teori Tabung (Tube Theory), yaitu :

- a. Tabung yang berdiameter lebih besar mempunyai kemampuan lebih tinggi dalam transport air, daripada tabung yang mempunyai ukuran diameter lebih kecil.

- b. Tabung yang tertutup (blocked) tidak mempunyai kemampuan dalam transport air, atau nilainya nol.

(Edwad J. Garboczi, 1995)

2.2.6. Penetrasi Beton

Penetrasi beton adalah kemampuan cairan atau gas melewati beton. Beton yang baik adalah beton yang relatif tidak bisa dilewati air/gas atau dengan kata lain mempunyai permeabilitas yang rendah. Menurut *Murdock* (1979) beton tidak bisa kedap air secara sempurna.

Faktor air semen yang digunakan juga akan mempengaruhi besarnya koefisien permeabilitas. Makin tinggi faktor air semen akan menyebabkan nilai koefisien permeabilitas makin tinggi. Hal itu dapat dipahami karena makin banyak air tersisa yang tidak digunakan untuk proses hidrasi semen akan memberikan pori-pori yang besar sehingga beton akan porous dan sangat mudah dilalui air (permeabel), maka pada pembuatan beton-beton yang mensyaratkan kedap air harus digunakan faktor air semen yang rendah sehingga koefisien permeabilitas akan rendah juga.

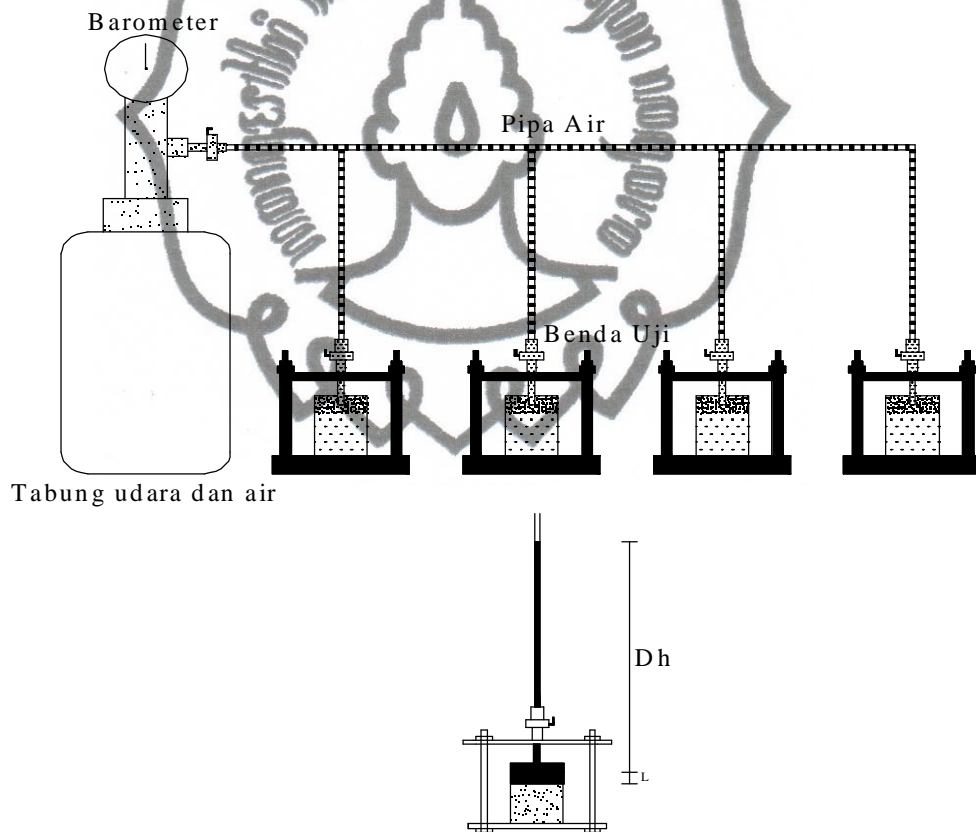
Faktor-faktor lain yang mempengaruhi besarnya permeabilitas beton adalah :

1. Mutu dan porositas dari agregat yang digunakan dalam adukan beton.
Dalam hal ini jenis, sifat dan porositas agregat akan mempengaruhi permeabilitas beton yang mana penggunaan agregat yang porous akan meningkatkan permeabilitas.
2. Umur beton.
Dengan bertambahnya umur beton maka permeabilitasnya akan menurun.
3. Gradasi agregat dalam adukan beton.
Pemakaian agregat dengan gradasi yang kasar serta terlalu banyak pasir akan menyebabkan workabilitas turun sehingga memerlukan tambahan air untuk kemudahan pengerjaan yang baik dan akan berdampak pada meningkatnya permeabilitas.

4. Tingkat perawatan (*curing*) beton.

Perawatan beton yang baik akan sangat berpengaruh sekali terhadap tingkat permeabilitas beton, oleh sebab itu perlu membasahi beton selama beberapa hari setelah pengecoran.

Baik dalam ASTM maupun BS tidak mendeskripsikan secara rinci tentang uji permeabilitas, namun berdasarkan A. M. Neville dan J. J. Brooks (1987) pengujian permeabilitas beton dapat diukur dari percobaan sampel beton yang di-*sealed* dan diberi air yang bertekanan pada sisi atas saja dan meliputi aspek banyaknya air yang mengalir lewat pada ketebalan beton pada waktu tertentu. (seperti yang disyaratkan pada SNI 03-2914-1992 ayat 2.2.1).



Gambar 2.4 Rangkaian pengujian penetrasi beton.

Permeabilitas beton dapat pula diekspresikan sebagai koefisien permeabilitas (k), yang dievaluasi berdasarkan hukum Darcy sebagai berikut :

commit to user

$$(I/A).(dQ/dt) = k.(\Delta H/L), \text{ dengan} \quad (2. 2)$$

dQ/dt = kecepatan aliran air

A = luas penampang

ΔH = tinggi air jatuh

L = ketebalan penetrasi air pada beton

K = koefisien permeabilitas

Nilai permeabilitas beton maksimum yang dianjurkan standar ACI 301-729 (revisi 1975) adalah sebesar $1,5 \times 10^{-11}$ m/dt ($4,8 \times 10^{-11}$ ft/dt)



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu suatu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel yang diselidiki. Pada penelitian ini eksperimen dilakukan di laboratorium. Penelitian ini terdapat beberapa variabel yang terdiri dari variabel bebas dan variabel tak bebas. Variabel bebas dalam penelitian adalah beton normal berserat galvalum AZ 150 pada variasi campuran, sedangkan variabel tak bebas adalah serapan dan penetrasi beton.

3.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

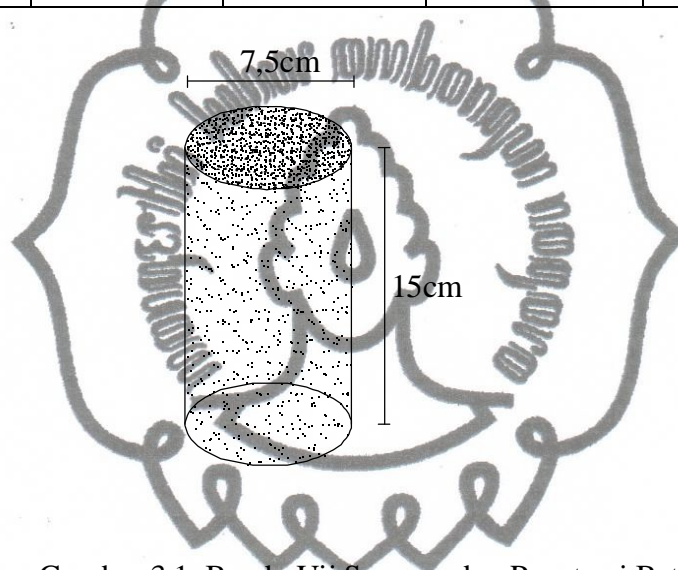
3.3. Benda Uji Penelitian

Benda uji pada penelitian ini berupa silinder beton yang dicetak di dalam pipa PVC dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm, diantaranya 12 sampel untuk uji serapan air dan 12 sampel untuk uji penetrasi air. Digunakan 4 variasi penggunaan serat yaitu beton dengan kadar serat 0%; 0,33%; 0,66%; dan 1% dari berat beton, dimana setiap variasi tersebut terdiri dari 3 buah sampel.

Untuk perincian benda uji yang digunakan dalam penelitian ini secara jelas dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Jumlah dan Kode Benda Uji Serapan dan Penetrasi

% serat Pengujian	0%	0,33%	0,66%	1%
Serapan	S.0-1	S.0,33-1	S.0,66-1	S.1-1
	S.0-2	S.0,33-2	S.0,66-2	S.1-2
	S.0-3	S.0,33-3	S.0,66-3	S.1-3
Penetrasi	P.0-1	P.0,33-1	P.0,66-1	P.1-1
	P.0-2	P.0,33-2	P.0,66-2	P.1-2
	P.0-3	P.0,33-3	P.0,66-3	P.1-3



Gambar 3.1 Benda Uji Serapan dan Penetrasi Beton.

3.4. Tahap dan Posedur Penelitian

Tahapan – tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

a. Tahap I (Tahap persiapan)

Melakukan studi literatur serta mempersiapkan bahan dan alat uji penelitian supaya penelitian berjalan lancar.

b. Tahap II (Tahap pengujian Bahan)

Melakukan pengujian bahan yang akan digunakan dengan tujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan. Bahan yang diuji adalah agregat kasar dan agregat halus. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar atau halus tersebut memenuhi syarat.

c. Tahap III (Tahap pembuatan Benda Uji)

Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut :

1. Penetapan campuran adukan beton. Rencana proporsi campuran adukan beton dengan mix design sesuai standar SK.SNI.T-15-1990-03.
2. Pembuatan adukan beton
3. Pemeriksaan nilai slump
4. Pembuatan benda uji berupa silinder diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm

d. Tahap IV (Tahap perawatan Benda uji/Curing)

Melakukan perawatan terhadap benda uji yang telah dibuat pada tahap III. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji pada hari ke-2 selama 2 hari, kemudian beton dikeluarkan dari air dan diangin-anginkan selama 26 hari atau sampai benda uji berumur 28 hari.

e. Tahap V (Tahap Pengujian Benda Uji)

Melakukan pengujian serapan dan penetrasi terhadap sampel beton silinder dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm setelah beton mencapai umur 28 hari.

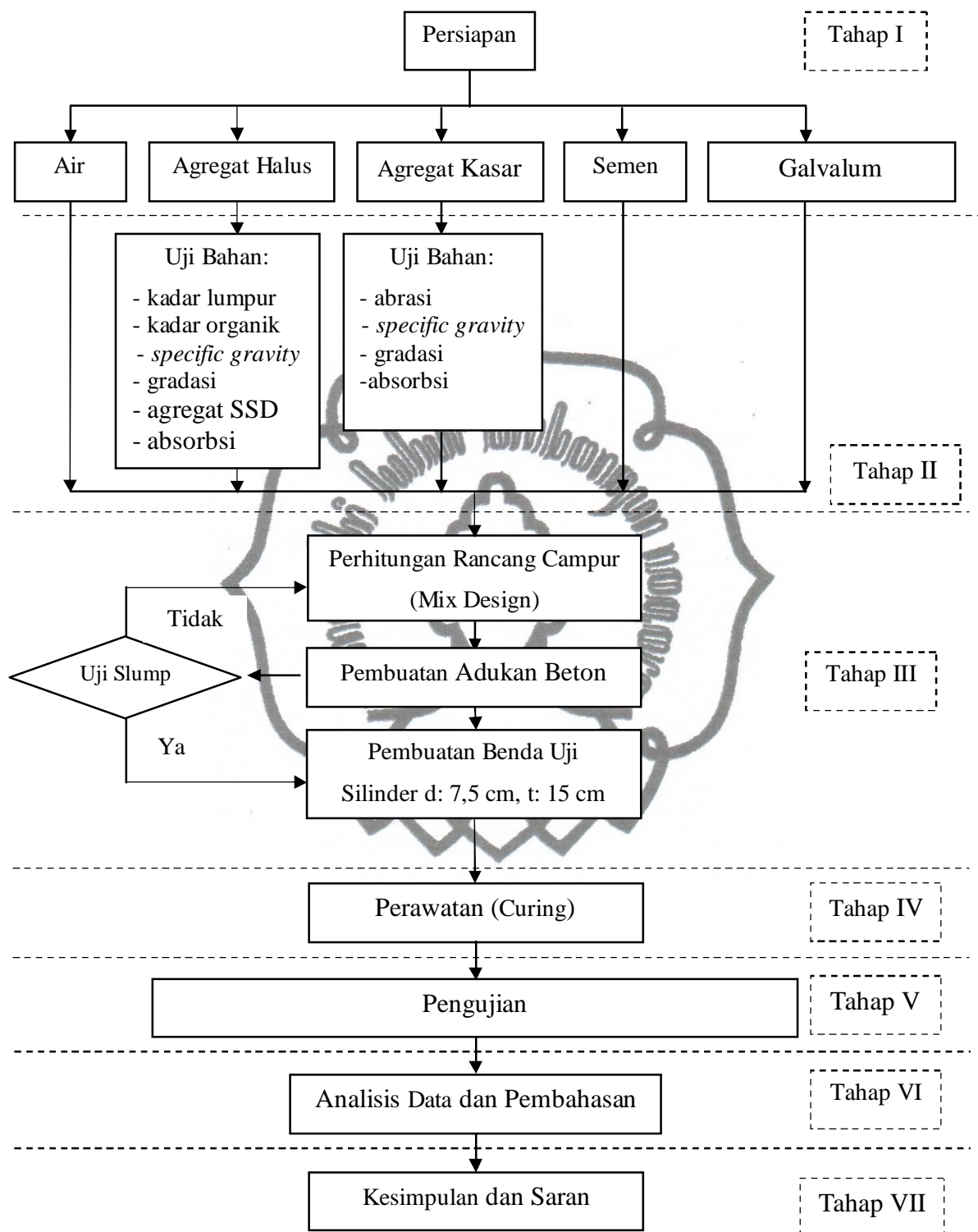
f. Tahap VI (Tahap Analisis Data)

Melakukan analisis data yang diperoleh dari hasil pengujian serapan dan penetrasi untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

g. Tahap VII (Tahap Pengambilan Kesimpulan)

Melakukan pengambilan kesimpulan dari hasil analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk bagan alir ditunjukkan dalam Gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan alir tahap-tahap penelitian

3.5. Standar Penelitian dan Spesifikasi Bahan Dasar

Untuk memenuhi sifat dan karakteristik dari bahan dasar penyusun beton maka perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini dilakukan terhadap agregat halus dan kasar. Pengujian dilakukan dengan standar ASTM & SK SNI, sedangkan air yang digunakan dalam adukan beton sesuai dengan standar air dalam PBI 1971 pasal 3.6

3.5.1. Standar Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus dilakukan berdasarkan ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM. Standar pengujian agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. ASTM C-23 :Standar penelitian pengujian berat isi agregat halus.
- b. ASTM C-40 :Standar penelitian untuk tes kotoran organik dalam agregat halus.
- c. ASTM C-117 :Standar penelitian untuk agregat lolos saringan no. 200 dengan pencucian.
- d. ASTM C-128 :Standar penelitian untuk menentukan *specific gravity* agregat halus.
- e. ASTM C-136 :Standar penelitian untuk analisis saringan agregat halus.

3.5.2. Standar Pengujian Agregat Kasar

- a. ASTM C-29 : Standar penelitian untuk pengujian berat isi agregat kasar
- b. ASTM C-127 : Standar penelitian untuk menentukan *specific gravity* agregat kasar
- c. ASTM C-131 : Standar penelitian untuk pengujian abrasi agregat kasar
- d. ASTM C-136 : Standar pengujian untuk analisis ayakan agregat kasar.

3.6. Alat-Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, antara lain :

1. Ayakan dan mesin penggetar ayakan

Ayakan baja dan penggetar yang digunakan adalah merk "*controls*" Italy, dengan bentuk lubang ayakan bujur sangkar dengan ukuran lubang ayakan yang tersedia adalah 75 mm, 50 mm, 38.1 mm, 25 mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, dan pan.

2. Timbangan

- a. Neraca merk "*Murayama Seisakusho Ltd*" Japan dengan kapasitas 5 kg, ketelitian sampai 0,10 gram dan digunakan untuk mengukur berat material yang berada dibawah kapasitasnya.
- b. Timbangan "*Bascule Merk DSN Bola Dunia*" dengan kapasitas 150 kg dengan ketelitian 0,1 kilogram.

3. Oven

Untuk keperluan pengeringan agregat maupun benda uji digunakan oven listrik merk "*memmert*", West Germany dengan temperatur maksimum 220 °C dan daya listrik 1500 W.

4. Mesin Los Angeles

Mesin los angeles yang digunakan adalah merk "*controls*" Italy serta 11 buah baja, digunakan untuk menguji ketahanan aus (abrasi) agregat kasar.

5. Conical Mould

Conical mould dengan ukuran sisi atas Ø 3,8 cm, sisi bawah Ø 8,9 cm dan tinggi 7,6 cm lengkap dengan penumbuknya. Digunakan untuk mengukur keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dari agregat halus (pasir).

6. Kerucut Abram

Kerucut abram terbuat dari baja dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm, digunakan untuk mengukur nilai *slump* adukan beton.

7. Cetakan benda uji

Digunakan untuk mencetak benda uji. Bentuk cetakan ini adalah silinder yang berupa pipa PVC dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm.

8. Mesin aduk beton (molen) berkapasitas $0,25 \text{ m}^3$ yang digunakan untuk mengaduk bahan-bahan pembentuk beton.

9. Alat-alat bantu

Untuk kelancaran dan kemudahan dalam penelitian digunakan beberapa alat bantu yaitu :

- a. Gelas ukur 2000 ml untuk menakar air.
- b. Gelas ukur 250 ml untuk meneliti kandungan lumpur dan kandungan zat organik agregat halus.
- c. Cetok semen digunakan untuk mengambil material, mengaduk dan untuk memasukkan campuran adukan beton ke dalam cetakan beton.
- d. Besi penusuk berfungsi untuk pemadatan.
- e. Vibrator untuk pemadatan campuran beton agar homogen.
- f. Alat pencatat waktu.
- g. Ember untuk tempat air.
- h. Cangkul dan sekop untuk mengaduk bahan-bahan campuran beton agar merata.

10. Satu set alat uji serapan

- a. Ember digunakan untuk merendam bahan uji.
- b. Timbangan digital untuk mengukur berat benda uji.

11. Satu set alat uji penetrasi beton

- a. Air compressors untuk menghasilkan tekanan udara.
- b. Tabung gas yang dilengkapi dengan pengukur tekanan yang berfungsi untuk pengumpul tekanan udara.
- c. Selang tekanan untuk menyalurkan tekanan dari tabung ke benda uji.
- d. Katup pengatur tekanan untuk mengatur keluar masuknya tekanan dan sebagai penghubung selang ke benda uji maupun tabung gas.
- e. Selang transparan dipakai untuk mengukur penurunan aliran air.
- f. Tiang penyangga untuk menggantung selang transparan agar dapat tegak.

3.7. Pengujian Bahan Dasar Beton

Untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari material pembentuk beton maka dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap bahan – bahan pembentuk beton. Pengujian ini hanya dilakukan terhadap agregat halus agregat kasar sedangkan air dan semen yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi standar dalam PBI NI 1971 pasal 3.6

3.7.1. Pengujian Agregat Halus

3.7.1.1. Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus

Pasir sebagai agregat halus dalam campuran beton tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak karena akan mengakibatkan penurunan kekuatan beton yang dihasilkan. Kandungan zat organik ini dapat dilihat dari percobaan warna dari Abrams Harder dengan menggunakan larutan NaOH 3% sesuai dengan persyaratan dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI NI-2, 1971).

Tabel 3.2 Hubungan Perubahan Warna NaOH dengan Persentase Kandungan Zat Organik

Warna campuran air + NaOH	Kandungan Zat Organik
Jernih	0 %
Kuning Muda	0 - 10%
Kuning Tua	10 - 20%
Kuning Kemerahan	20 - 30%
Coklat Kemerahan	30 - 50%
Coklat Tua	50 - 100%

Sumber : Prof. Ir.Rooseno

commit to user

Pengujian kandungan zat organik agregat halus bertujuan untuk menentukan banyak sedikitnya kandungan zat organik dalam pasir. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Gelas ukur 250 cc
- Oven
- Ayakan 2 mm
- Timbangan
- Agregat halus (pasir) kering oven lolos ayakan 2 mm
- Larutan NaOH 3 %

Langkah pengujian kandungan zat organik agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Mengambil contoh pasir kering oven secukupnya.
- Mengayak pasir dengan ayakan 2 mm hingga hasil ayakan mencapai 130 cc.
- Memasukkan contoh pasir dalam gelas ukur 250 ml.
- Menuangkan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sehingga mencapai 200 ml.
- Mengocok pasir dan larutan NaOH selama 10 menit.
- Meletakkan campuran tersebut pada tempat terlindung selama 24 jam.
- Mengamati warna air di atas pasir.
- Mencocokkan dengan Tabel Prof. Rosseno.

3.7.1.2. Pengujian Kadar Lumpur dalam Agregat Halus

Agregat halus yang umum dipergunakan sebagai bahan dasar beton adalah pasir. Kualitas pasir sudah tentu akan mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Untuk itu maka pasir sudah tentu akan mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Untuk itu maka pasir yang akan digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan, salah satunya adalah pasir harus bersih dari kandungan lumpur. Lumpur adalah bagian dari pasir yang lolos ayakan 0,036 mm. Apabila kadar lumpur yang ada lebih dari 5% dari berat keringnya, maka pasir harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai material penyusun beton.

Pengujian kadar lumpur dalam agregat halus bertujuan untuk mendeteksi kandungan lumpur dalam pasir sebagai salah satu komponen penyusun beton.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Gelas ukur 250 cc
- Cawan Aluminium
- Neraca dengan ketelitian 100 mg
- Pipet
- Oven
- Agregat halus (pasir) kering oven lolos ayakan 2 mm
- Air Bersih

Langkah pengujian kadar lumpur dalam agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Menyiapkan sampel pasir dan mengeringkan dalam oven.
- Menimbang pasir kering oven seberat 100 gram.
- Memasukkan pasir ke dalam gelas ukur
- Melakukan proses pencucian sebagai berikut :
 - a) Memasukkan air ke dalam gelas ukur yang telah berisi pasir dengan ketinggian 12 cm dari permukaan pasir.
 - b) Menutup mulut gelas rapat-rapat dengan tangan.
 - c) Gelas dikocok 10 kali (dianggap satu kali pencucian).
 - d) Membuang air dalam gelas (usahakan pasir tidak ikut terbang).
 - e) Proses pencucian diulang sampai bersih.
- Menuangkan pasir ke dalam cawan (air yang ikut menetes diambil dengan pipet).
- Mengeringkan pasir dalam cawan tersebut pada oven dengan suhu 110 °C.
- Mengeluarkan pasir tersebut dari oven dan mendinginkannya hingga mencapai suhu kamar.
- Menimbang pasir yang sudah dikeringkan.
- Menganalisis data
 - Berat awal pasir (a)
 - Berat akhir pasir (b)

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (3. 1)$$

- Membandingkan hasil perhitungan dengan persyaratan PBI NI-1971. Bila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci kembali sebelum digunakan.

3.7.1.3. Pengujian *Spesific Gravity* Agregat Halus

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam merencanakan campuran adukan beton, karena dengan mengetahui variabel tersebut dapat dihitung volume pasir yang diperlukan.

Pengujian *spesific gravity* agregat halus bertujuan untuk menentukan *bulk spezifc gravity*, *bulk spezifc gravity SSD*, *apparent spezifc gravity*, dan *absorption* agregat halus. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- *Conical Mould* dan temper (pemadat)
- Tabung *Volumetrick Flash* 500 cc
- Neraca/timbangan
- Oven
- Cawan
- Pipet
- Agregat halus lolos ayakan 2 mm
- Air bersih

Langkah pengujian *spesific gravity* agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Membuat pasir dalam keadaan SSD dengan cara :
 - a) Mengambil pasir yang telah disediakan (dianggap kondisi lapangan SSD), masukkan dalam *conical mould* sampai 1/3 tinggi.
 - b) Menumbuk dengan tamper sebanyak 15 kali, tinggi jatuh temper 2 cm.
 - c) Menambah pasir hingga 2/3 tinggi, lalu mengulangi prosedur b.
 - d) Menambah pasir hingga penuh dan mengulangi lagi prosedur b.
 - e) Memasukkan pasir hingga penuh lalu meratakan permukaan pasir.

f) Mengangkat *conical mould* sehingga pasir dengan sendirinya akan merosot. Pemerosotan pasir tidak boleh lebih dari $\frac{1}{2}$ tinggi dan apabila penurunan pasir mencapai $\frac{1}{3}$ tinggi atau $\pm 2,5$ cm, maka pasir tersebut sudah dalam keadaan kering permukaan (SSD).

- Mengambil pasir SSD sebanyak 500 gram, dimasukkan dalam *volumetric flash*, dan diisi air hingga penuh lalu didiamkan hingga 24 jam.
- Setelah 24 jam, menimbang *volumetric flash* yang berisi pasir dan air tersebut.
- Mengeluarkan pasir dari *volumetric flash* dan memasukkan ke cawan dengan membuang air terlebih dahulu, jika dalam cawan masih ada air mengeluarkannya dengan menggunakan pipet.
- Memasukkan pasir dalam cawan ke dalam oven dengan suhu 1100 C selama 24 jam.
- *Volumetric flash* yang telah kosong dan bersih diisi air sampai penuh dan ditimbang.
- Pasir yang telah dioven didiamkan sampai mencapai suhu kamar kemudian menimbang pasir tersebut.
- Dari data yang diperoleh, dapat dihitung nilai *specific gravity* (berat jenis).

Berat pasir SSD = D

Berat pasir kering oven = A

Berat *volumetric flash* + air = B

Berat *volumetric flash* + air + pasir = C

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{A}{B + D - C} \quad (3.2)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{D}{B + D - C} \quad (3.3)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A + B - C} \quad (3.4)$$

$$\text{Absorption} = \frac{D - A}{D} \times 100\% \quad (3.5)$$

3.7.1.4. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Gradasi adalah keseragaman diameter pasir sebagai agregat halus lebih diperhitungkan daripada agregat kasar, karena sangat menentukan sifat pengerjaan dan sifat kohesi campuran adukan beton.

Pengujian gradasi agregat halus bertujuan untuk memeriksa susunan atau variasi susunan agregat halus dan angka kehalusan agregat halus (pasir) tersebut.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Neraca/timbangan berkapasitas 5 kg, ketelitian 100 mg.
- Satu set mesin getar.
- Satu set ayakan dengan diameter :
 - 9,50 mm
 - 4.75 mm
 - 2.36 mm
 - 1.18 mm
 - 0.85 mm
 - 0.30 mm
 - 0.15 mm
 - 0 (pan)
- Agregat halus (pasir) 3000 gr

Langkah pengujian gradasi agregat halus dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Menyiapkan agregat halus (pasir) sebanyak 3000 gr.
- Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari pan (paling bawah), hingga ayakan 9,5 mm (paling atas), lalu susunan ayakan tersebut diletakkan pada mesin penggetar.
- Menuangkan pasir ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut.
- Menghidupkan mesin penggetar selama 5 menit.

- Setelah 5 menit matikan mesin, lalu menimbang dan mencatat berat agregat halus yang tertinggal pada masing-masing ayakan.
- Menghitung modulus kehalusan dengan menggunakan rumus

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{d}{e} \quad (3.6)$$

dimana :

d = jumlah dari persentase kumulatif berat pasir yang tertinggal selain dalam pan

e = jumlah dari persentase berat pasir yang tertinggal

3.7.2. Pengujian Agregat Kasar

3.7.2.1. Pengujian *Specific Gravity* Agregat Kasar

Berat jenis merupakan salah satu variabel yang sangat penting dalam merencanakan campuran adukan beton, karena dengan variabel tersebut dapat dihitung volume dari agregat kasar yang diperlukan. Pengujian *specific gravity* agregat kasar dalam penelitian ini menggunakan kerikil dengan diameter maksimal 25 mm.

Pengujian *specific gravity* agregat kasar bertujuan untuk menentukan *bulk specific gravity*, *bulk specific gravity SSD*, *apparent specific gravity*, dan *absorption* agregat kasar. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Timbangan/neraca kapasitas 5 kg ketelitian 100 mg
- Bejana dan *container*
- Oven
- Saringan atau ayakan
- Lap (dari kain)
- Tangki Air
- Agregat kasar (kerikil)
- Air Bersih

Langkah pengujian specific gravity agregat kasar dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Mengambil kerikil (sampel) kemudian dicuci untuk menghilangkan kotoran.
- Mengeringkan kerikil dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- Mendinginkan kerikil setelah dioven hingga mencapai suhu kamar.
- Menimbang kerikil seberat 3000 gram.
- Memasukkan kerikil ke dalam *container* dan direndam selama 24 jam.
- Setelah 24 jam, *container* dan kerikil ditimbang dalam keadaan terendam air.
- Mengangkat *container* dari dalam air kemudian mengeringkan kerikil dengan dilap (sampai kondisi SSD/kering permukaan), lalu menimbangnya.
- Menimbang *container* (dalam keadaan tercelup air).
- Menghitung berat agregat dalam air dengan cara mengurangkan hasil penimbangan langkah ke 6 dengan berat *container*.
- Menganalisis data hasil pengujian

Berat kerikil oven = A

Berat kerikil dalam air = C

Berat kerikil dalam kondisi SSD = B

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{A}{B - C} \quad (3.7)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{B}{B - C} \quad (3.8)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A - C} \quad (3.9)$$

$$\text{Absorption} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.10)$$

3.7.2.2. Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil kasar hasil disintegrasi alami berupa batu pecah (split) yang dipecah dengan alat pemecah batu. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan gradasi yang akan digunakan. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Neraca
- Oven
- Mesin penggetar
- Satu set ayakan dengan diameter:
 - 38 mm
 - 25 mm
 - 19 mm
 - 12,5 mm
 - 9,5 mm
 - 4,75 mm
 - 2,36 mm
 - 0,00 (pan)
- Agregat kasar kering oven

Langkah pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Menyiapkan agregat kasar (kerikil) yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 110°C seberat 3000 gram.
2. Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari pan 0,00; 2,36; 4,75; 9,5; 12,5; 19; 25; 38, lalu susunan ayakan tersebut diletakkan pada mesin penggetar.
3. Menuangkan kerikil ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut dan diletakkan di mesin penggetar.
4. Menghidupkan mesin penggetar selama ± 5 menit.
5. Setelah 5 menit matikan mesin, lalu menimbang dan mencatat berat agregat kasar yang tertinggal pada masing-masing ayakan.
6. Menghitung modulus kehalusan dengan rumus :

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{m}{n} \quad (3.11)$$

dengan :

m = jumlah dari persentase komulatif berat kerikil yang tertinggal selain dalam pan

n = jumlah dari persentase berat kerikil yang tertinggal

commit to user

3.7.2.3. Pengujian Abrasi Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan salah satu bahan dasar beton yang harus memenuhi standar tertentu untuk daya tahan keausan terhadap gesekan. Standar ini dapat diketahui dengan alat yang disebut bejana *Los Angeles*. Agregat kasar harus tahan terhadap gaya aus gesek dan bagian yang hilang karena gesekan tidak boleh > 50%.

Pengujian abrasi agregat kasar bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan karena gesekan atau perputaran yang terdeteksi dengan prosentase. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- Mesin "*Los Angeles*"
- Saringan dengan fraksi 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 2 mm
- *Abrassi test machine* (mesin pemutar los angeles)
- Bola pejal 12 buah
- Agregat kasar yang lolos saringan 19,5 mm, tertampung saringan 12,5 mm sebanyak 5 kg.
- Agregat kasar yang lolos saringan 12,5 mm, tertampung saringan 9,5 mm sebanyak 5 kg.

Langkah pengujian abrasi agregat kasar dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

- Mencuci agregat kasar sampai bersih kemudian mengeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- Mengayak agregat kasar tersebut dan memasukkan hasil ayakan ke dalam mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 1000 kali yang di dalamnya terdapat 12 bola baja.
- Setelah diputar, menimbang hasil pemutaran yang tertahan pada ayakan 2 mm.
- Akan diadakan variasi kelas abrasi.
- Menganalisis data :

Berat kerikil sebelum diuji = a

Berat kerikil setelah diuji = b

Keausan yang terjadi = $\frac{a - b}{a} \times 100 \%$ (3.12)

3.8. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton yang tepat dan sesuai dengan proporsi campuran adukan beton sangat diperlukan untuk mendapatkan kualitas beton yang baik. Dalam penelitian ini digunakan rancang campur beton yang mengacu peraturan SK SNI T-15-1990-03 dengan kekuatan yang akan dicapai pada umur 28 hari K350 atau $f'c = 29,05$ MPa.

3.9. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Menyiapkan material (semen, agregat halus, agregat kasar, air dan serat galvalum AZ 150) dan peralatan yang akan digunakan untuk campuran beton.
- b. Menyiapkan cetakan beton.
- c. Menimbang masing-masing material berdasarkan perhitungan mix design beton.
- d. Membuat adukan beton dengan cara manual, mengaduk material yang telah ditimbang menggunakan cangkul atau cetok semen dan serat Galvalum AZ 150 disebar secara random.
- e. Memeriksa nilai slump dari adukan beton tersebut.
- f. Selanjutnya dilakukan pengecoran dengan menuangkan adukan beton ke dalam cetakan dan memberi tanda untuk masing-masing sampel.
- g. Kemudian dilakukan pemadatan. Setelah cetakan terisi penuh maka permukaan diratakan dan dibiarkan selama 24 jam.
- h. Merawat beton dengan cara menutupinya dengan karung goni basah sampai waktu pengujian.

3.10. Pengujian Nilai *Slump*

Slump beton adalah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif beton segar. Menurut SK SNI M-12-1989-F, cara pengujian nilai *slump* adalah sebagai berikut :

1. Membasahi cetakan dan pelat dengan kain basah
2. Meletakkan cetakan diatas pelat dengan kokoh
3. Mengisi cetakan sampai penuh dalam 3 lapisan dimana tiap lapisan berisi kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan, kemudian setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 x tusukan
4. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang ada di sekitar cetakan harus disingkirkan
5. Mengangkat cetakan perlahan-lahan tegak lurus keatas
6. Mengukur nilai *slump* yang terjadi

3.11. Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Hal ini di maksudkan untuk menjamin agar proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna sehingga tidak terjadi retak-retak pada beton dan mutu beton dapat terjamin.

Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam beton ke dalam bak selama 2 hari. Kemudian beton diangin-anginkan selama 26 hari atau sampai benda uji berumur 28 hari dan diadakan pengujian beton.

3.12. Pengujian Serapan Beton

Pengujian serapan beton menggunakan benda uji silinder diameter Ø 7,5 cm dan tinggi 15 cm. Pengujian absorpsi beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Setelah mencapai umur 28 hari setelah reaksi hidrasi pada semen selesai sampel beton dikeringkan dengan oven sampai mencapai berat konstan.
2. Setelah dikeluarkan dari oven, semua sampel beton ditimbang.
3. Merendam sampel beton selama 10 + 0,5 menit, 30 menit, 60 menit, 24 jam, 2 x 24 jam dan 3 x 24 jam.
4. Kemudian dibuat sampel dalam kondisi SSD, setelah itu menimbang masing-masing sampel selama batas waktu perendaman tersebut untuk membandingkan perbedaan antara berat kondisi SSD dengan berat kering oven.

3.13. Pengujian Penetrasi Beton

Berdasarkan *Neville dan Brooks (concrete technology, 1987)* uji penetrasi beton dapat diukur dari percobaan sampel beton yang di-*sealed* dari air yang bertekanan pada sisi atasnya saja dan meliputi aspek banyaknya air yang mengalir lewat ketebalan beton pada waktu tertentu.

Pengujian penetrasi beton menggunakan benda uji silinder diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm. Pengujian penetrasi beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Setelah mencapai umur 28 hari, sampel beton dikeringkan dengan oven sampai mencapai berat konstan.
2. Selang air bertekanan dipasang pada permukaan atas sampel dengan cara memberi lubang sebesar pipa selangnya. Pipa selang yang berisi air di-*sealed* di ikat dengan klem pada atas permukaan beton.
3. Sampel dikenakan air bertekanan 1 kg/cm² selama 48 jam, dilanjutkan air bertekanan 3 kg/cm² selama 24 jam dan air dengan tekanan 7 kg/cm² selama 24 jam.

Tabel 3.3 Tekanan Air dan Waktu Penekanan.

Tekanan Air (kg/cm ²)	Waktu (jam)
1	48
3	24
7	24

(Sumber : Suwandojo siddiq, makalah seminar ITB, 1987)

4. Selang air bertekanan dilepas, kemudian dipasang selang transparan berisi air yang diletakkan pada penyangga, diamkan selama 1 jam untuk mengetahui penurunan air yang terjadi dan tingginya air jatuh.
5. Kemudian sampel dibelah dan diukur kedalaman penetrasi air serta diameter sebaran air.

3.14. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data adalah proses penyederhanaan data ke dalam bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan. Dalam proses pengolahan data yang diperoleh dari hasil pengujian ini dipakai microsoft excell untuk menyajikan data menjadi informasi yang lebih sederhana, mudah dimengerti dan dipahami oleh setiap pembaca yang kemudian dilakukan pembahasan guna menarik kesimpulan.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai serapan dan penetrasi beton normal berserat galvalum AZ 150 pada variasi campuran yang telah ditentukan, kemudian menganalisis perbedaan hasilnya. Menyimpulkan kecenderungan dari hasil nilai serapan dan penetrasi beton normal berserat galvalum AZ 150.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat

4.1.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kandungan lumpur, kandungan zat organik, berat jenis, dan gradasi pasir. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam tabel 4.1. Perhitungan serta data-data pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran A.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

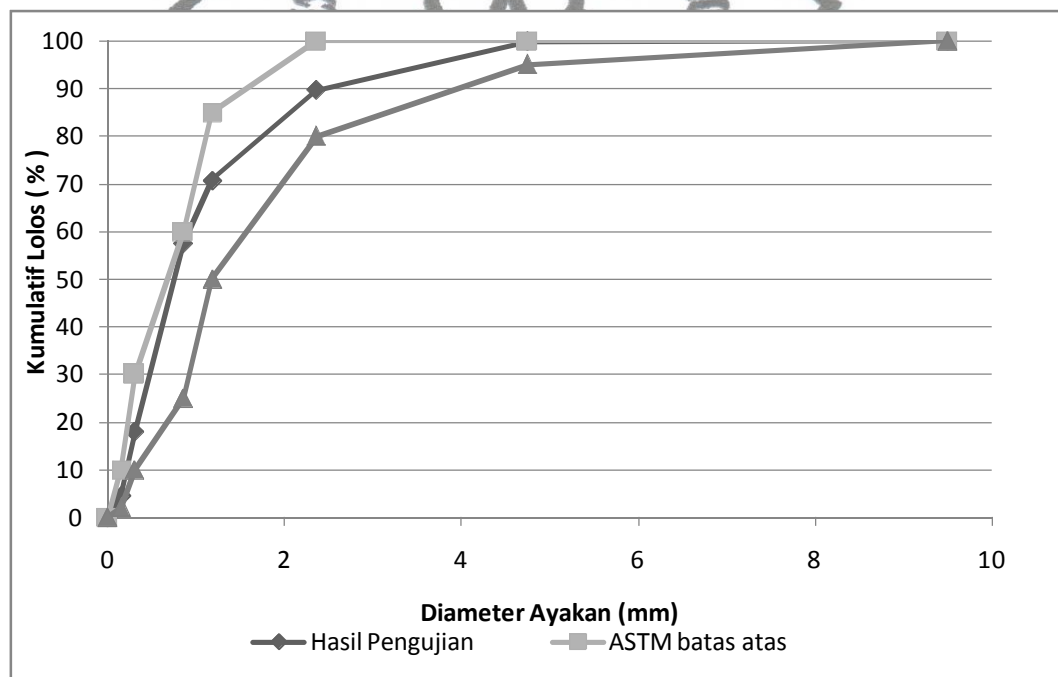
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan Zat Organik	Larutan NaOH 3% berwarna kuning muda	Jernih atau kuning muda	Memenuhi Syarat
Kandungan Lumpur	2,3%	Maksimum 5%	Memenuhi Syarat
Bulk Spesific Gravity	2,55	-	-
Bulk Spesific Gravity SSD	2,56	2,5 - 2,7	Memenuhi Syarat
Apparent Spesific Gravity	2,58	-	-
Absorption	0,42%	-	-
Modulus Halus Butir	2,6	2,3 - 3,1	Memenuhi Syarat

Untuk hasil pengujian agregat halus serta persyaratan batas dari ASTM C33-97 dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

No	Diameter Ayakan	Berat Tertahan			Berat Lolos Kumulatif	ASTM C 33
		Berat (gram)	%	Kumulatif (%)		
1	9.5	0	0.00	0	100.00	100
2	4.75	5	0.17	0.17	99.83	95-100
3	2.36	304.5	10.16	10.33	89.67	80-100
4	1.18	567.5	18.94	29.26	70.74	50-85
5	0.85	397.5	13.26	42.53	57.47	25-60
6	0.3	1187.5	39.62	82.15	17.85	10-30
7	0.15	395	13.18	95.33	4.67	2-10
8	0	140	4.67	100.00	0.00	0
Total		2997	100	359.77	-	-

Dari tabel 4.2 gradasi agregat halus di atas dapat digambarkan grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C33-97 sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Halus

4.1.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar *split* (batu pecah) yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), keausan (*abrasi*) dan gradasi agregat kasar. Hasil-hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.3, sedangkan Tabel 4.4 menyajikan hasil analisis ayakan terhadap benda uji agregat kasar sehingga dapat diketahui gradasinya. Perhitungan serta data-data pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran A.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

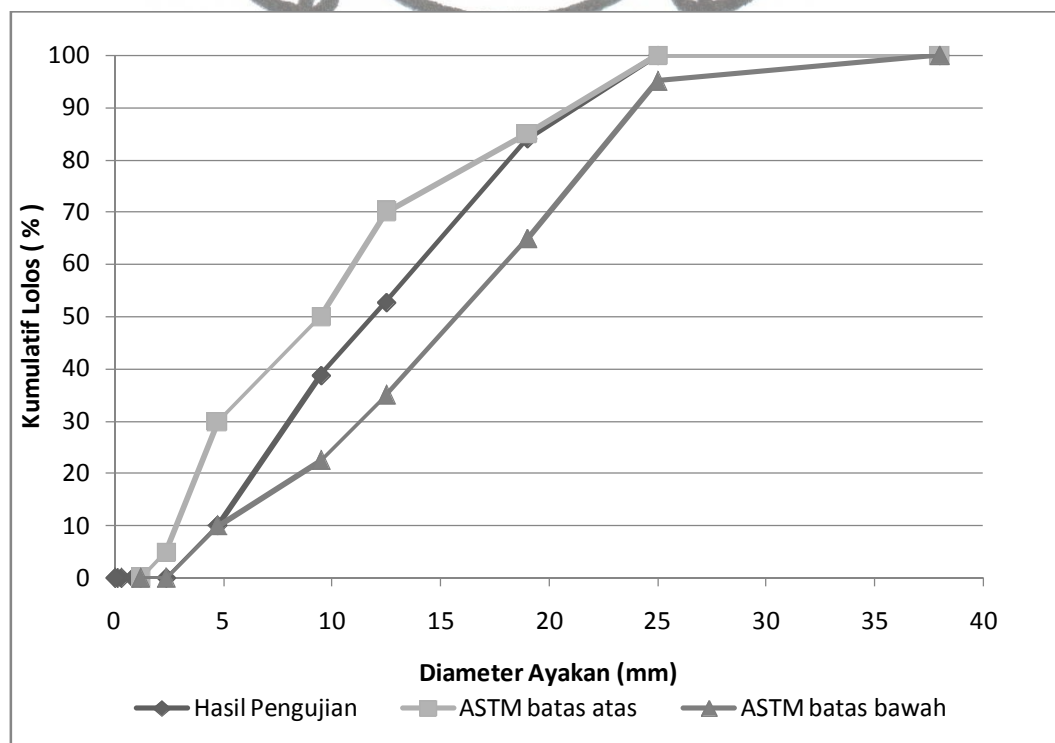
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
Bulk Spesific Gravity	2,50	-	-
Bulk Spesific Gravity SSD	2,57	2,5 – 2,7	Memenuhi Syarat
Apparent Spesific Gravity	2,68	-	-
Absorption	2,66 %	-	-
Modulus Halus Butir	7,61	5 – 8	Memenuhi Syarat
Abrasi	43,10 %	Maksimum 50%	Memenuhi Syarat

Untuk hasil pengujian gradasi agregat kasar dan syarat batas dari ASTM C-33 dapat dilihat pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.2.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

No	Diameter Ayakan	Berat tertinggal			Berat Lolos Kumulatif (%)	ASTM C33
		Berat (gram)	%	Kumulatif (%)		
1	38,00	0	0.000	0.000	100.00	100
2	25,00	0	0.00	0.00	100.00	95-100
3	19,00	475	15.97	15.97	84.03	-
4	12,50	930	31.27	47.24	52.76	35-70
5	9,50	415	13.95	61.20	38.80	-
6	4,75	854	28.72	89.91	10.09	10-30
7	2,36	300	10.09	100.00	0.00	0-5
8	1,18	0	0.00	100.00	0.00	-
9	0,6	0	0.00	100.00	0.00	-
10	0,3	0	0.00	100.00	0.00	-
11	0,15	0	0.00	100.00	0.00	-
12	0,00	0	0.00	100.00	0.00	-
Jumlah		2974	100.00	814.32	-	-

Dari tabel 4.4 gradasi agregat kasar di atas dapat digambarkan grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C33-84 sebagai berikut :

**Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar**

4.2. Perhitungan Rancang Campur Beton

Perhitungan rencana campuran beton normal (mix design) menggunakan standar Dinas Pekerjaan Umum (SK SNI T-15-1990-03), dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per m^3 yaitu :

Air	=	225	liter
Semen	=	562,5	kg
Pasir	=	540,18	kg
Kerikil	=	960,32	kg

Dari hasil tersebut maka dapat dihitung kebutuhan bahan total adukan yang terdiri dari 24 buah benda uji silinder tinggi 15 cm diameter 7,5 cm diuji pada umur 28 hari sebesar $0,0159 \text{ m}^3$. Kebutuhan bahan tiap adukan disajikan dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Hitungan Kebutuhan Bahan Tiap Adukan

Dosis Penambahan Serat	Total Volume (m^3)	Total Volume + SF 20% (m^3)	Galvalum AZ 150 (kg)	Air (lt/m^3)	Semen (kg/m^3)	Pasir (kg/m^3)	Kerikil (kg/m^3)
0%	0.004	0.005	0.000	1.074	2.684	2.577	4.582
0,33 %	0.004	0.005	0.035	1.074	2.684	2.577	4.582
0,66 %	0.004	0.005	0.070	1.074	2.684	2.577	4.582
1%	0.004	0.005	0.106	1.074	2.684	2.577	4.582
Total	0.016	0.019	0.211	4.294	10.735	10.31	18.328

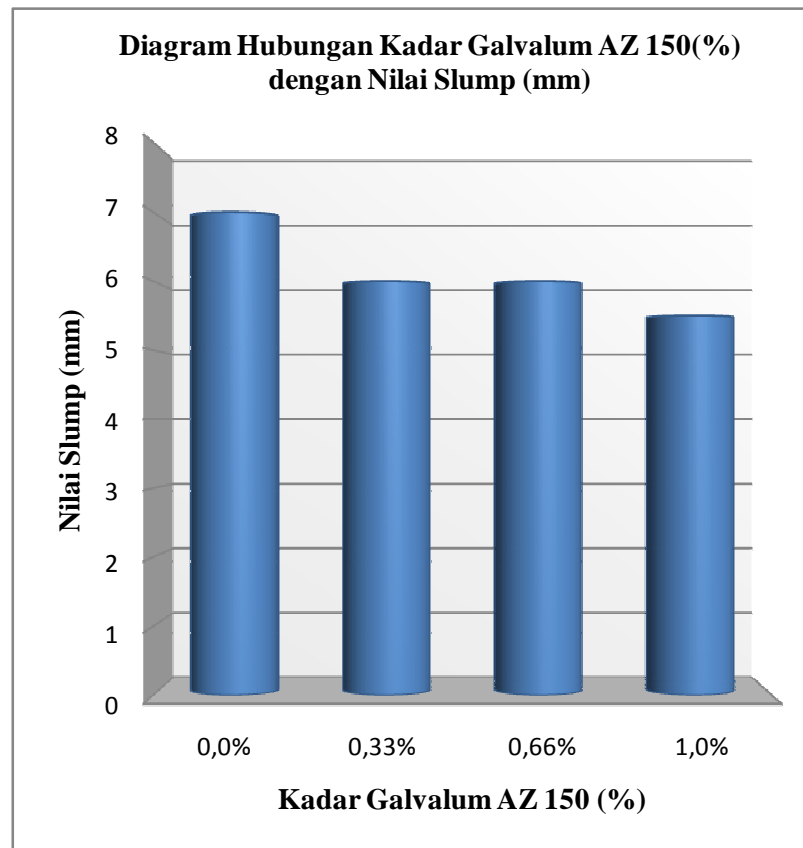
Secara lengkap perhitungan rencana campuran adukan beton atau *mix design* terdapat pada lampiran B

4.3. Hasil Pengujian Nilai Slump

Dari masing-masing campuran adukan beton pada beton normal tersebut didapatkan nilai *slump* yang berbeda. Nilai slump diperlukan untuk mengetahui tingkat workabilitas dari campuran beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Nilai *Slump*

Kadar Serat (%)	0%	0,33%	0,66%	1%
Nilai <i>Slump</i> (cm)	7	6	6	5,5



Gambar 4.3 Diagram Hubungan Kadar Galvalum AZ 150 dengan Nilai Slump

4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat uji kuat tekan (*Compression Taesting Machine*) merk *Controls* pada benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 28 hari didapat beban maksimum (P_{maks}). Dengan beban maksimum tersebut dapat diperoleh kuat desak beton dengan menggunakan persamaan.

$$f_c' = \frac{P_{\text{mak}}}{A_C} \quad (4.1)$$

dimana:

f_c' : kuat tekan beton salah satu benda uji (MPa)

P_{maks} : beban tekan maksimal (N)

A_C : luas permukaan benda uji (mm^2)

Sebagai contoh perhitungan diambil data dari benda uji silinder BT-11, sehingga diperoleh data sebagai berikut:

$$P_{\text{maks}} = 680 \text{ kN} = 6,8 \times 10^5 \text{ N}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times 0,15^2 = 1,76625 \times 10^{-2} \text{ m}^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

Maka kuat desak betonnya adalah:

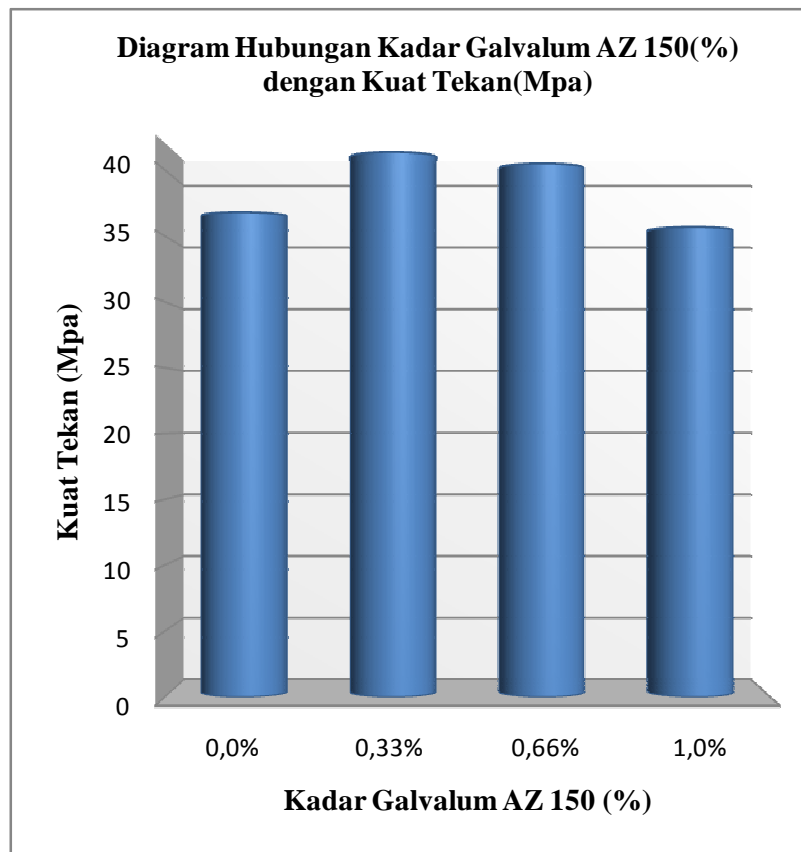
$$f = \frac{6,8 \times 10^5}{17662,5} = 38,499 \text{ MPa}$$

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Kuat tekan beton normal berserat galvalum AZ 150

No	Kadar serat	Kode	P maks (kN)	f'_c (MPa)	f'_{cr} (MPa)
1	0%	BT – 11	680	38,449	36,784
2		BT – 12	640	36,235	
3		BT – 13	630	35,669	
4	0.33 %	BT – 21	670	37,933	41,350
5		BT – 22	750	42,463	
6		BT – 23	770	43,595	
7	0.66%	BT – 31	730	41,331	40,482
8		BT – 32	700	39,632	
9		BT – 33	420 *	23,779 *	
10	1%	BT – 41	620	35,103	35,668
11		BT – 42	600	33,970	
12		BT – 43	670	37,933	

*Benda uji tidak di pakai karena rusak.

commit to user



Gambar 4.4 Diagram Hubungan Kadar Galvalum AZ 150 dengan Kuat Tekan

4.5. Hasil Pengujian Benda Uji

4.5.1. Hasil Pengujian Serapan Air

Pengujian serapan ini dilakukan terhadap sampel beton silinder Ø 7,5 cm, tinggi 15 cm dengan variasi beton normal dengan serat Galvalum AZ 150 setelah sampel beton mencapai umur 28 hari. Pengujian ini untuk mengetahui besarnya air yang dapat diserap oleh beton dengan membandingkan antara berat yang telah melewati proses perendaman dalam air serta dalam kondisi jenuh kering permukaan dengan berat dalam kondisi kering oven. Standar waktu perendaman yang harus dilakukan adalah selama 10+0,5 menit dan 24 jam. Namun sebagai bahan pembanding, dalam penelitian ini dilakukan perendaman selama 10+0,5 menit, 30 menit, 60 menit, 1 x 24 jam, 2 x 24 jam, dan 3 x 24 jam. Pada tahapan awal dilakukan pengamatan terhadap besarnya serapan air oleh masing-masing sampel

beton selama batas waktu yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengetahui besarnya persentase nilai serapan air.

Rumus perhitungan serapan air :

$$\text{Serapan Air} = \frac{W - W_k}{W_k} \times 100\% , \text{ dimana} \quad (4.2)$$

W = Berat beton pada kondisi SSD (kering permukaan)

W_k = Berat beton pada kondisi kering oven

Contoh perhitungan serapan air pada benda uji S.0-1:

Berat dalam kondisi kering oven (W_k) = 1.310 gr.

Berat dalam kondisi SSD perendaman 10+0,5 menit (W) = 1.330 gr.

Serapan air pada 0% serat dengan waktu perendaman 10+0,5 menit :

$$\text{Serapan Air} = \frac{1330 - 1310}{1310} \times 100\% = 1,53\%$$

Hasil perhitungan nilai serapan benda uji dengan variasi kadar serat dan waktu perendaman dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 10+0,5 menit

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.330	1.527	1.497
S.0-2	1.350	1.370	1.481	
S.0-3	1.350	1.370	1.481	
S.0,33-1	1.400	1.420	1.429	1.793
S.0,33-2	1.395	1.420	1.792	
S.0,33-3	1.390	1.420	2.158	
S.0,66-1	1.390	1.415	1.799	1.677
S.0,66-2	1.400	1.420	1.429	
S.0,66-3	1.385	1.410	1.805	
S.1-1	1.380	1.400	1.449	1.802
S.1-2	1.395	1.425	2.151	
S.1-3	1.385	1.410	1.805	

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 30 menit

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.345	2.672	2.742
S.0-2	1.350	1.385	2.593	
S.0-3	1.350	1.390	2.963	
S.0,33-1	1.400	1.440	2.857	3.227
S.0,33-2	1.395	1.440	3.226	
S.0,33-3	1.390	1.440	3.597	
S.0,66-1	1.390	1.430	2.878	2.874
S.0,66-2	1.400	1.440	2.857	
S.0,66-3	1.385	1.425	2.888	
S.1-1	1.380	1.420	2.899	3.124
S.1-2	1.395	1.440	3.226	
S.1-3	1.385	1.430	3.249	

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 60 menit

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.350	3.053	3.240
S.0-2	1.350	1.390	2.963	
S.0-3	1.350	1.400	3.704	
S.0,33-1	1.400	1.447	3.357	3.872
S.0,33-2	1.395	1.450	3.943	
S.0,33-3	1.390	1.450	4.317	
S.0,66-1	1.390	1.440	3.597	3.474
S.0,66-2	1.400	1.445	3.214	
S.0,66-3	1.385	1.435	3.610	
S.1-1	1.380	1.425	3.261	3.725
S.1-2	1.395	1.450	3.943	
S.1-3	1.385	1.440	3.971	

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 1 x 24 jam

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.375	4.962	5.111
S.0-2	1.350	1.415	4.815	
S.0-3	1.350	1.425	5.556	
S.0,33-1	1.400	1.470	5.000	5.784
S.0,33-2	1.395	1.480	6.093	
S.0,33-3	1.390	1.477	6.259	
S.0,66-1	1.390	1.470	5.755	5.582
S.0,66-2	1.400	1.473	5.214	
S.0,66-3	1.385	1.465	5.776	
S.1-1	1.380	1.455	5.435	6.010
S.1-2	1.395	1.475	5.735	
S.1-3	1.385	1.480	6.859	

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 2 x 24 jam

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.375	4.962	5.111
S.0-2	1.350	1.415	4.815	
S.0-3	1.350	1.425	5.556	
S.0,33-1	1.400	1.470	5.000	5.784
S.0,33-2	1.395	1.480	6.093	
S.0,33-3	1.390	1.477	6.259	
S.0,66-1	1.390	1.470	5.755	5.582
S.0,66-2	1.400	1.473	5.214	
S.0,66-3	1.385	1.465	5.776	
S.1-1	1.380	1.455	5.435	6.010
S.1-2	1.395	1.475	5.735	
S.1-3	1.385	1.480	6.859	

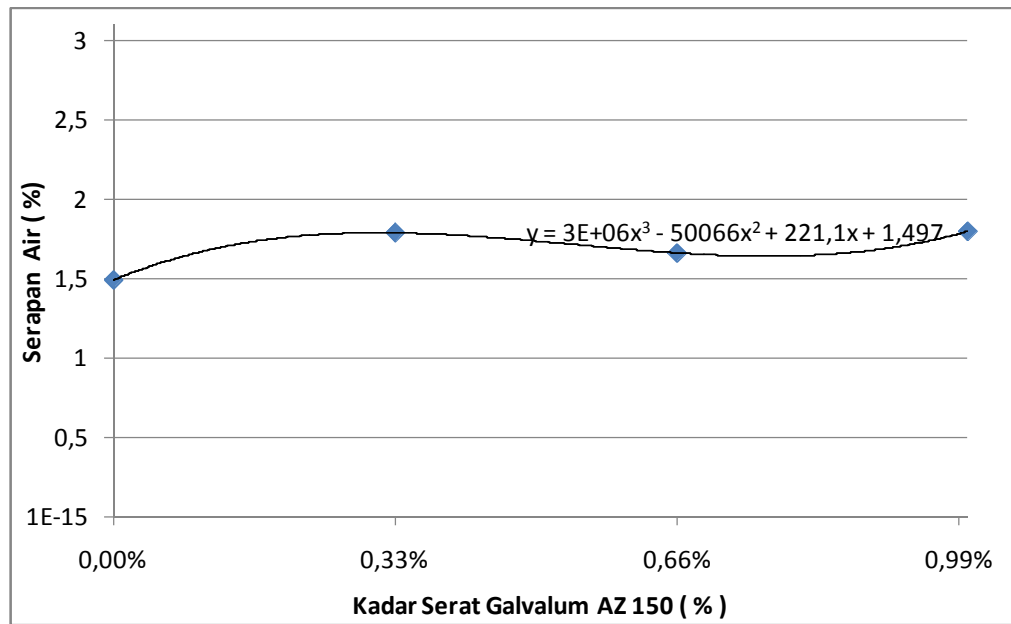
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Serapan Air dengan perendaman 3 x 24 jam

Kode Sampel	Berat Kering Oven (gr)	Berat Benda Uji Kondisi SSD (gr)	Serapan Air (%)	Rata-Rata Serapan Air (%)
S.0-1	1.310	1.375	4.962	5.111
S.0-2	1.350	1.415	4.815	
S.0-3	1.350	1.425	5.556	
S.0,33-1	1.400	1.470	5.000	5.784
S.0,33-2	1.395	1.480	6.093	
S.0,33-3	1.390	1.477	6.259	
S.0,66-1	1.390	1.470	5.755	5.582
S.0,66-2	1.400	1.473	5.214	
S.0,66-3	1.385	1.465	5.776	
S.1-1	1.380	1.455	5.435	6.010
S.1-2	1.395	1.475	5.735	
S.1-3	1.385	1.480	6.859	

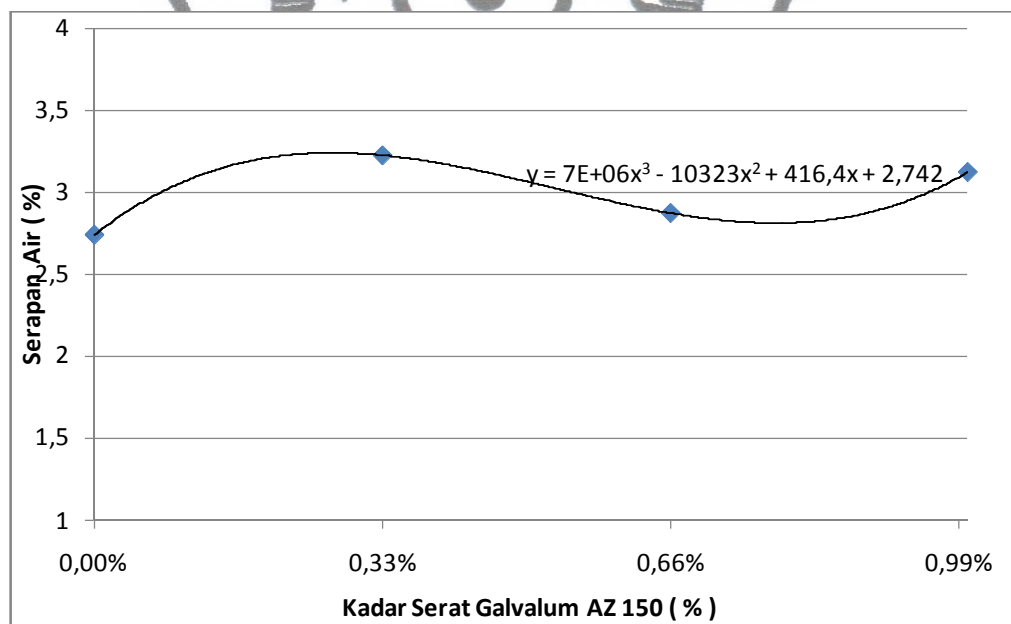
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Serapan Air seluruh Benda Uji

Kadar Serat (%)	Nilai Serapan Air (%)											
	Rendaman 10 + 0,5 menit		Rendaman 30 menit		Rendaman 60 menit		Rendaman 1 x 24 jam		Rendaman 2 x 24 jam		Rendaman 3 x 24 jam	
		Rerata		Rerata		Rerata		Rerata		Rerata		Rerata
0.00	1.53		2.67		3.05		4.96		4.96		4.96	
	1.48	1.50	2.59	2.74	2.96	3.24	4.81	5.11	4.81	5.11	4.81	5.11
	1.48		2.96		3.70		5.56		5.56		5.56	
0,33	1.43		2.86		3.36		5.00		5.00		5.00	
	1.79	1.79	3.23	3.23	3.94	3.87	6.09	5.78	6.09	5.78	6.09	5.78
	2.16		3.60		4.32		6.26		6.26		6.26	
0,66	1.80		2.88		3.60		5.76		5.76		5.76	
	1.43	1.68	2.86	2.87	3.21	3.47	5.21	5.58	5.21	5.58	5.21	5.58
	1.81		2.89		3.61		5.78		5.78		5.78	
1.00	1.45		2.90		3.26		5.43		5.43		5.43	
	2.15	1.80	3.23	3.12	3.94	3.72	5.73	6.01	5.73	6.01	5.73	6.01
	1.81		3.25		3.97		6.86		6.86		6.86	

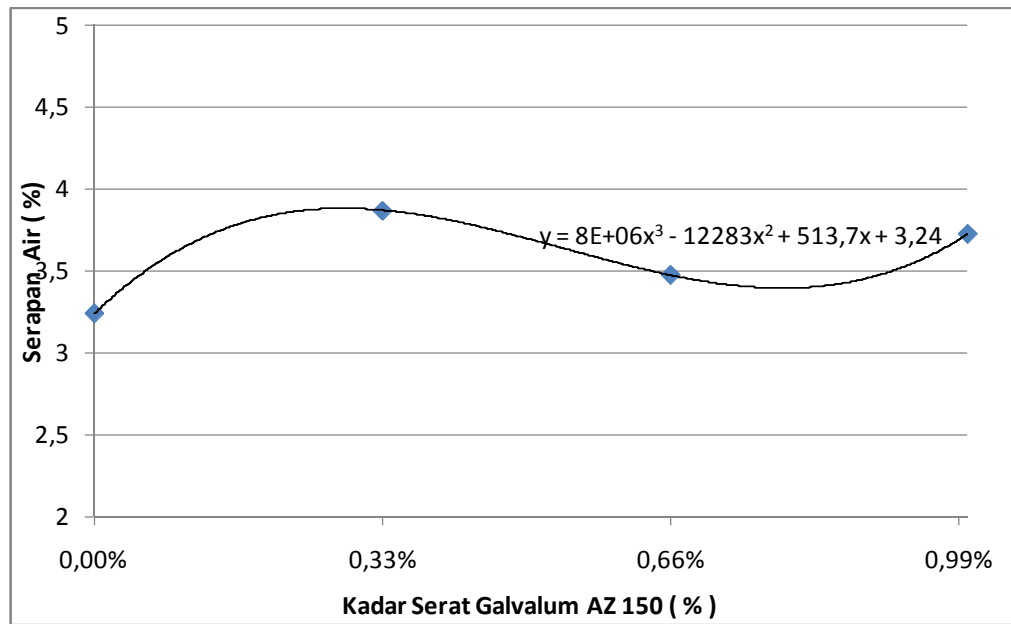
Dari data pada Tabel diatas diperoleh grafik hubungan serapan air dengan variasi kadar serat pada beton normal yang digambarkan pada Gambar sebagai berikut:



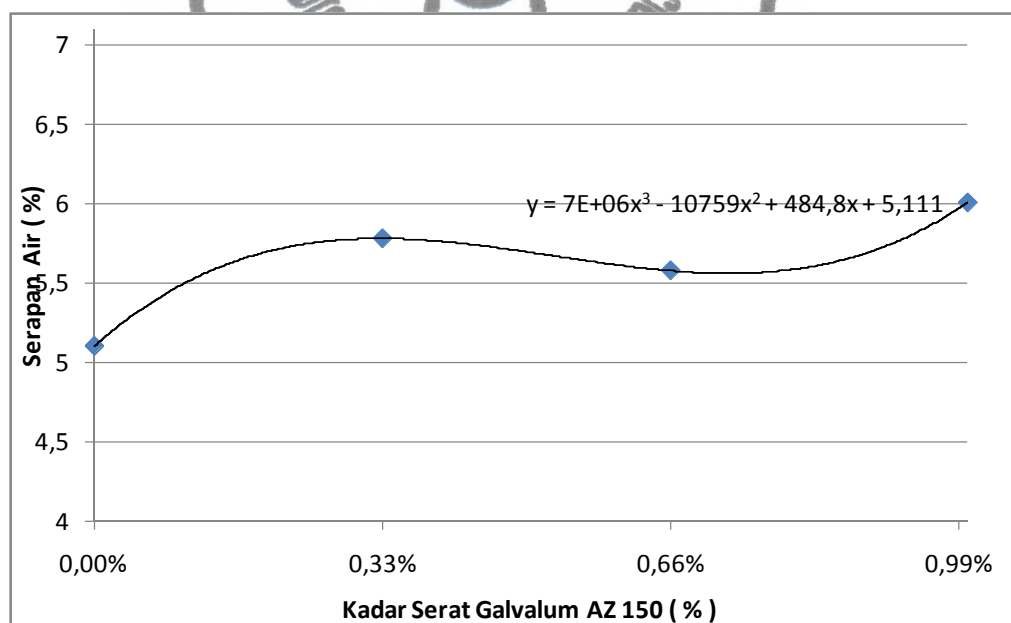
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Serapan Air (%) Pada Perendaman 10 + 0,5 menit



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Serapan Air (%) Pada Perendaman 30 menit



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Serapan Air (%) Pada Perendaman 60 menit



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Serapan Air (%) Pada Perendaman 1 x 24 jam

Grafik Hubungan Antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Serapan Air (%) Pada Perendaman 2 x 24 jam dan 3 x 24 jam sama seperti pada Gambar 4.8

4.5.2. Hasil Pengujian Penetrasi

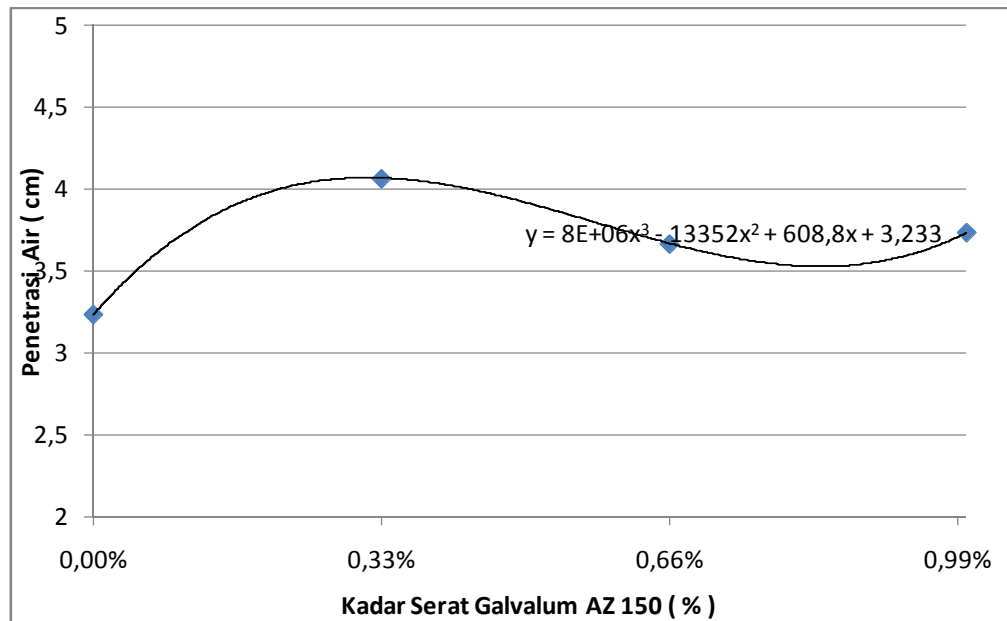
Pengujian ini dilakukan terhadap sampel silinder beton dengan ukuran \varnothing 7,5 cm dan tinggi 15 cm setelah sampel mencapai umur 28 hari. Pengujian ini untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan serat Galvalum AZ 150 pada campuran beton normal terhadap penetrasi dan koefisien permeabilitas beton dengan cara memberikan air bertekanan pada benda uji. Pemberian tekanan yang dilakukan adalah 1 kg/cm² selama 48 jam, dilanjutkan dengan tekanan 3 kg/m² selama 24 jam, dan terakhir 7 kg/cm² selama 24 jam. Hasil pengujian nilai penetrasi disajikan dalam tabel 4.15

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Penetrasi

Kode Benda Uji	Air dalam Selang Setelah 1 Jam		Penurunan air setelah 1 jam (cm)	Diameter resapan (cm)	Ketebalan penetrasi (cm)	Rerata ketebalan penetrasi (cm)
	Awal(cm)	Akhir(cm)				
P.0-1	70	67	3	4,5	3,2	3,233
P.0-2	70	67,3	2,7	5	3	
P.0-3	70	68	2	4,5	3,5	
P.0,33-1	70	67	3	5,5	4,2	4,067
P.0,33-2	70	67,3	2,7	5,5	4	
P.0,33-3	70	67	3	6	4	
P.0,66-1	70	67,7	2,3	4,5	3,5	3,667
P. 0,66-2	70	67,5	2,5	5,2	4	
P. 0,66-3	70	67,3	2,7	5	3,5	
P.1-1	70	67,3	2,7	4,5	3	3,733
P.1-2	70	66	4	5,5	4	
P.1-3	70	67	3	5	3,7	

Dari data pada Tabel diatas diperoleh grafik hubungan penetrasi air dengan variasi kadar serap pada beton normal yang digambarkan pada Gambar 4.9 sebagai berikut:

commit to user



Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Penetrasi Air (cm) Pada Beton Normal berserat Galvalum AZ 150

Kemudian koefisien permeabilitas dapat diketahui dengan menggunakan rumus Darcy dan dihitung dengan persamaan

$$\frac{1}{d} \frac{dq}{dt} = \frac{d}{d} \quad (4.3)$$

Uraian perhitungan koefisien permeabilitas pada benda uji P.0-1 :

a. Debit aliran

Debit yang ada pada aliran air untuk uji permeabilitas merupakan debit konstan (*steady flow*). Penetapan $dt = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ s}$ merupakan sebagai pertimbangan bahwa dalam waktu sebanyak itu debit aliran sudah konstan dan tidak mengalami perubahan lagi.

Debit aliran air dihitung berdasarkan volume air yang masuk ke dalam beton melalui selang transparan, dan dapat dilihat pada uraian berikut :

- Diameter selang transparan = $\frac{1}{4} \text{ inc} = 0,00635 \text{ meter}$
- Penurunan air dengan $dt = 3600 \text{ s} = 0,030 \text{ meter}$

- Volume (dQ) $= \frac{1}{4} \times \pi \times (\text{diameter selang transparan})^2 \times \text{penurunan air}$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,00635^2 \times 0,030$
 $= 9,496 \times 10^{-7} \text{ m}^3$
- Debit $\frac{dq}{dt} = \frac{9,496 \times 10^{-7}}{3600} = 2,638 \times 10^{-10} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

b. Luas penampang sampel beton

Maksud dari luas penampang sampel beton pada pengujian ini adalah luas wilayah pada beton yang tertembus air. Perhitungan luasan pada rembesan air ini menggunakan rumus luas lingkaran, karena bentuk benda uji silinder dan air berasal dari selang yang berbentuk lingkaran akan jatuh dan menyebar ke dalam beton menuju ke segala arah yang memiliki jarak sebaran berbeda-beda maka diasumsikan berbentuk lingkaran. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

- Diameter resapan $= 0,045 \text{ m}$
- Luas penampang benda uji beton (A) $= \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 0,045^2 = 0,00159 \text{ m}^2$

c. Kedalaman Penetrasi

Air yang berasal dari selang transparan yang diberikan terhadap beton dan kemudian masuk ke dalam kapiler beton, dan kedalaman air mampu menembus betonlah yang dimaksud sebagai kedalaman penetrasi pada beton dan diberi lambang L.

- Kedalaman Penetrasi (L) $= 0,032 \text{ meter}$

d. Tinggi air jatuh

Tinggi jatuh air atau dh adalah ketinggian air yang jatuh ke permukaan benda uji dari batas atas air tertinggi pada selang transparan.

- Tinggi air jatuh (dh) $= 0,7 \text{ meter}$

e. Koefisien permeabilitas

Pengujian permeabilitas menggunakan konsep hukum Darcy, dengan uraian sebagai berikut :

$$k = \frac{1}{\mu} \frac{q}{A} \frac{h}{L}$$

$$k = \frac{1}{0,0019} \frac{2,638}{0,032}$$

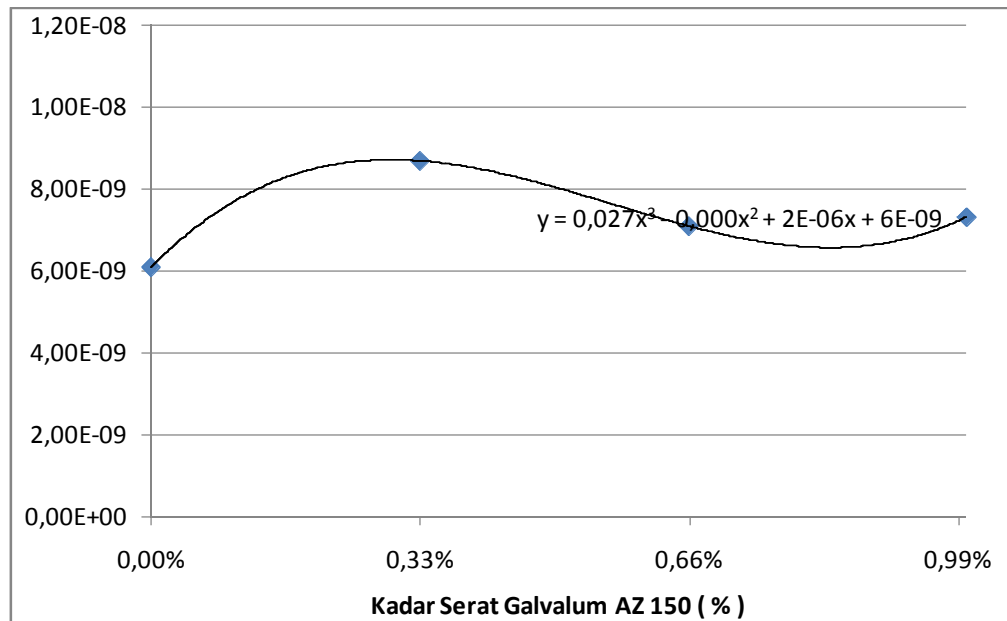
$$k = 7,586 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

Berdasarkan uraian di atas koefisien permeabilitas pada beton normal P.0-1 adalah sebesar $7,586 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Hasil perhitungan koefisien permeabilitas keseluruhan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil perhitungan koefisien permeabilitas

Kode Benda Uji	A (m ²)	dQ (m ³)	Koefisien permeabilitas (m/s) k = (1/A) (dQ/dt) (L/dh)	k rata-rata (m/s)
P.0-1	0.001590	9.49595E-07	7.58566E-09	6,10039E-09
P.0-2	0.001963	8.54635E-07	5.18432E-09	
P.0-3	0.001590	6.33063E-07	5.53121E-09	
P.0,33-1	0.002375	2.13883E-06	1.50117E-08	8,68604E-09
P.0,33-2	0.002375	8.54635E-07	5.71275E-09	
P.0,33-3	0.002826	9.49595E-07	5.33366E-09	
P.0,66-1	0.001590	7.28023E-07	6.36089E-09	7,09674E -09
P.0,66-2	0.002123	1.18762E-06	8.88095E-09	
P.0,66-3	0.001963	8.54635E-07	6.04838E-09	
P.1-1	0.001590	8.54635E-07	6.4004E-09	7,32272E-09
P.1-2	0.002375	1.26613E-06	8.46333E-09	
P.1-3	0.001963	9.49595E-07	7.10444E-09	

Dari data pada Tabel diatas diperoleh grafik hubungan nilai koefisien permeabilitas dengan variasi kadar serap pada beton normal yang digambarkan pada Gambar 4.10 sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara Kadar Serat (%) dengan Nilai Koefisien Permeabilitas (m/dt) Pada Beton Normal berserat Galvalum AZ 150

4.5. Analisis Data dan Pembahasan

4.6.1. Uji *Slump*

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui workabilitas adukan beton. Nilai *slump* yang diperoleh pada campuran adukan beton dalam penelitian ini berkisar antara 5,5-7 cm. Dari tabel 4.6 dan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *slump* menurun seiring dengan bertambahnya kadar serat Galvalum AZ 150 dalam beton. Pada penelitian ini secara keseluruhan workabilitas adukan beton sudah cukup baik (tidak terlalu rendah dan tinggi) sehingga nilai *slump* ini masih memenuhi untuk digunakan beton normal berserat yang kedap air.

4.6.2. Kuat Tekan

Dari tabel 4.7 dan gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penambahan serat Galvalum AZ 150 sebesar 0,33% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 41,35 Mpa atau bertambah sekitar 12,41% dibanding kuat tekan beton normal yang memiliki kuat tekan sebesar 36,78 Mpa. Peningkatan kuat tekan beton tersebut antara lain

disebabkan adanya kontribusi dari serat terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Penambahan serat pada konsentrasi maksimum menyebabkan serat masih dapat menyebar secara random dimana serat berfungsi sebagai tulangan mikro. Pada penambahan serat galvalum sebesar 0,66% dan 1% menunjukkan penurunan kuat tekan. Penurunan kuat tekan ini dikarenakan semakin banyaknya volume serat galvalum yang mengisi rongga beton, sehingga berpengaruh pada workability adukan yang menyebabkan pemadatan sulit, beton akan cenderung timbul kropos (honey comb), sehingga nilai kuat tekan menjadi turun. Nilai kuat tekan ini memenuhi kuat tekan rencana untuk digunakan sebagai beton normal berserat yang kedap air.

4.6.3. Serapan Air

Ketentuan minimum untuk beton kedap air normal bila diuji dengan perendaman air berdasarkan SNI 03-2914-1992 adalah sebagai berikut :

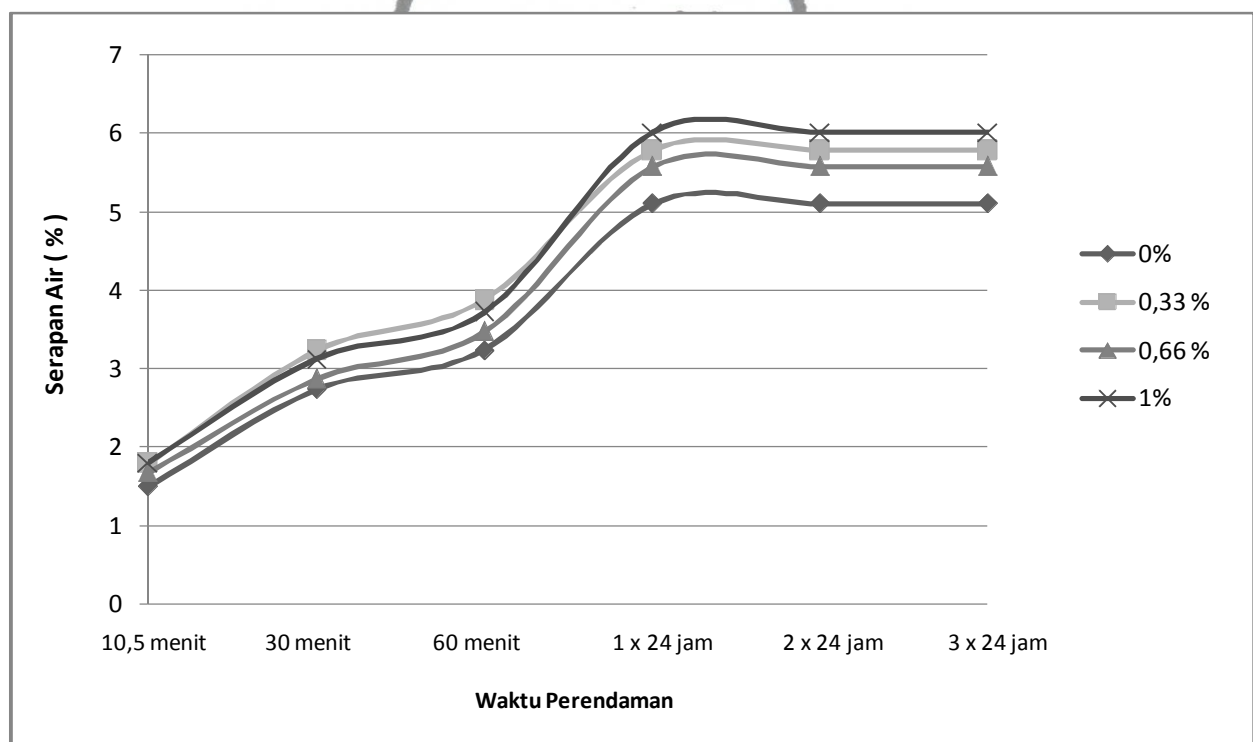
1. Selama 10+0,5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5% terhadap berat kering oven.
2. Selama 24 jam, resapan (absorpsi) maksimum 6,5% terhadap berat kering oven.

Hasil perhitungan serapan (absorpsi) air disajikan dalam table dibawah ini :

Tabel 4.17 Nilai Serapan Air Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150 (%)

Serat Galvalum AZ 150 Waktu	0%	0,33%	0,66%	1%
10+0,5 menit	1,50	1,79	1,68	1,80
30 menit	2,74	3,23	2,87	3,12
60 menit	3,24	3,87	3,47	3,72
1 x 24 jam	5,11	5,78	5,58	6,01
2 x 24 jam	5,11	5,78	5,58	6,01
3 x 24 jam	5,11	5,78	5,58	6,01

Dari tabel diatas diperoleh nilai serapan air minimum yaitu pada beton normal tanpa serat atau dengan kadar serat Galvalum AZ 150 sebesar 0%. Semua benda uji beton normal berserat Galvalum AZ 150 tersebut memenuhi persyaratan maksimum beton kedap air normal untuk perendaman 10+0,5 menit, nilai serapan (absorpsi) yaitu sebesar 1,50% - 1,80% dengan nilai serapan maksimum adalah 2,5%, dan untuk perendaman 1x24 jam nilai serapan (absorpsi) yaitu sebesar 5,11% - 6,01% dengan nilai serapan air maksimum adalah 6,5% (SNI 03-2914-1992).



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara Waktu Perendaman (menit) dengan Nilai Serapan Air (%)

Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diketahui bahwa nilai serapan air bertambah seiring dengan penambahan serat Galvalum AZ 150. Hal ini dikarenakan penambahan serat Galvalum AZ 150 pada beton cenderung menyebabkan timbulnya pori pada *interface zone* (zona transisi) antara serat dengan pasta semen. Pori ini timbul karena dengan adanya sejumlah serat maka air dapat melekat / tertinggal pada permukaan – permukaan serat yang tidak terpadatkan oleh *vibrator* secara sempurna. Hal ini dapat kita lihat pada beton

normal dengan bahan tambah serat Galvalum AZ 150 pada kadar serat 0,33 %, penyerapan yang terjadi lebih besar daripada beton normal tanpa bahan tambah atau dengan kadar serat 0 %.

Dikarenakan tekstur permukaan dari serat Galvalum AZ 150 yang tidak berpori maka memungkinkan porositas kapiler pada *interface zone* tidak terlalu tinggi dan nilai serapan air pun tidak terlalu besar. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian bahwa beton normal dengan kadar serat 0,66% memiliki nilai serapan air yang lebih kecil dari beton normal dengan kadar serat 0,33%, walaupun besarnya masih lebih besar dibandingkan pada beton normal tanpa bahan tambah atau dengan kadar serat 0 %. Selain itu, adanya serat Galvalum AZ 150 pada beton normal memungkinkan hubungan antara pori - pori kapiler hanya saling terhubung sebagian saja sehingga pori - pori kapiler pun berukuran lebih kecil. Hal ini dikarenakan bentuk dan tekstur serat yang berbentuk seperti tabung yang tertutup sehingga mengakibatkan hilangnya kemampuan dalam *transpot* (pengaliran) air.

Meskipun demikian seiring dengan penambahan jumlah serat Galvalum AZ 150 pada beton normal, nilai serapan air juga bertambah. Hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah serat akan cenderung membuat pori - pori di dalam beton juga tidak sedikit. Sehingga tidak sedikit air yang terserap pori - pori tersebut dan menyebabkan nilai serapan air pun bertambah. Hal ini dapat dilihat pada beton normal dengan bahan tambah serat Galvalum AZ 150 pada kadar 1 % yang mempunyai nilai serapan air yang paling besar.

4.6.4. Penetrasi

Berdasarkan SNI 03-2914-1992, yang dimaksud dengan beton kedap air adalah beton yang tidak tembus air dan harus memenuhi ketentuan minimum untuk beton kedap air agresif, bila diuji dengan tekanan air maka tembusnya air ke dalam beton tidak melampaui batas sebagai berikut:

- a. Agresif Sedang : 50 mm
- b. Agresif Kuat : 30 mm

Hasil analisis penetrasi Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150 dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Hasil analisis pengujian penetrasi

Serat Galvalum AZ 150	Kedalaman penetrasi (mm)	Syarat SNI 03-2914-1992	
		Syarat agresif kuat (30 mm)	Syarat agresif sedang (50 mm)
0%	32,33	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat
0,33%	40,67	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat
0,66%	36,67	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat
1%	37,33	Tidak memenuhi syarat	Memenuhi syarat

Dari hasil analisis pada Tabel 4.18 diatas diperoleh nilai rata-rata penetrasi air pada beton normal berserat Galvalum AZ 150 sebesar 32,33 mm – 40,67 mm, semuanya melebihi 30 mm untuk syarat agresif kuat dan tidak ada yang melebihi 50 mm untuk syarat agresif sedang, maka semua sampel beton normal berserat Galvalum AZ 150 dengan kadar 0% - 1% tersebut memenuhi syarat beton kedap air agresif untuk syarat agresif sedang (SK SNI S-36-1990-03).

Dari gambar grafik 4.9 dapat dilihat bahwa kedalaman penetrasi air bertambah seiring dengan penambahan kadar serat Galvalum AZ 150 pada beton normal. Hal ini disebabkan oleh kondisi beton tersebut yang cenderung memiliki lebih banyak pori – pori sehingga tekanan air yang terjadi sangat mudah masuk menembus beton normal tersebut sehingga air dapat merembas masuk jauh ke dalam.

Kedalaman penetrasi air pada beton normal dengan kadar serat 0,66% berkurang namun masih lebih besar dibandingkan penetrasi air beton normal atau pada kadar 0%. Hal ini dimungkinkan karena antar pori – pori kapiler hanya terhubung sebagian dan tidak oleh lintasan besar maka tekanan air yang masuk pun tidak terlalu dalam.

Meskipun demikian seiring dengan penambahan jumlah serat Galvalum AZ 150 pada beton normal, kedalaman penetrasi air juga bertambah. Hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah serat akan cenderung membuat pori – pori di dalam beton juga tidak sedikit. Sehingga tekanan air yang terjadi juga sangat mudah masuk menembus beton normal tersebut.

Hasil perhitungan koefisien permeabilitas dapat disajikan dalam Tabel 4.19

Tabel 4.19. Hasil analisis pengujian permeabilitas

Serat Galvalum AZ 150	Koefisien permeabilitas (m/s)	ACI 301-729 (revisi 1975) 1,5E-11 m/s
0%	6,10039E-09	Tidak memenuhi syarat
0,33%	8,68604E-09	Tidak memenuhi syarat
0,66%	7,09674E -09	Tidak memenuhi syarat
1%	7,32272E-09	Tidak memenuhi syarat

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai koefisien permeabilitas minimum pada beton normal tanpa serat Galvalum AZ 150 atau pada kadar 0% yaitu sebesar 6,10039E-09 m/s.

Pada Gambar Grafik 4.10 menunjukkan bahwa hubungan antara koefisien permeabilitas beton normal terhadap penambahan kadar serat Galvalum AZ 150 sebanding dengan besarnya kedalaman penetrasi yang diperoleh.

Berdasarkan ACI 301-729 (revisi 1975) (dalam Neville dan Brooks, 1987) nilai koefisien permeabilitas maksimum disyaratkan sebesar $1,5 \cdot 10^{-11}$ m/s ($1,5 \cdot 10^{-9}$ cm/s). Dari hasil analisis pada Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa keseluruhan nilai koefisien beton normal berserat galvalum AZ 150 tidak memenuhi syarat ACI 301-729 (revisi 1975).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari seluruh pengujian, analisis data dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian serapan air, besar nilai persentase serapan air untuk perendaman 10+0,5 menit berturut – turut dari beton normal berserat Galvalum AZ 150 dengan kadar serat 0%, 0,33%, 0,66%, dan 1% adalah 1,50 %, 1,79 %, 1,68 %, dan 1,80 %, sehingga memenuhi syarat SNI 03-2914-1992 untuk beton kedap air normal dengan batas maksimum sebesar 2,5 %.
Sedangkan perendaman 1 x 24 jam berturut – turut dari beton normal berserat Galvalum AZ 150 dengan kadar serat 0%, 0,33%, 0,66%, dan 1% adalah 5,11 %, 5,78 %, 5,58 %, dan 6,01%, sehingga memenuhi syarat SNI 03-2914-1992 untuk beton kedap air normal dengan batas maksimum sebesar 6,5 %.
2. Pada pengujian penetrasi air, kedalaman penetrasi yang terjadi berturut – turut dari beton normal berserat Galvalum AZ 150 dengan kadar serat 0%, 0,33%, 0,66%, dan 1% adalah 32,33 mm, 40,67 mm, 36,67 mm, dan 37,33 mm. Kedalaman penetrasi tersebut tidak memenuhi syarat agresif kuat karena melampaui batas maksimum sebesar 30 mm, namun memenuhi syarat agresif sedang karena tidak melampaui batas maksimum sebesar 50 mm. (SNI 03-2914-1992)
Sedangkan koefisien permeabilitas yang terjadi berturut – turut dari beton normal berserat Galvalum AZ 150 dengan kadar serat 0%, 0,33%, 0,66%, dan 1% adalah $6,100 \times 10^{-9}$ m/s, $8,686 \times 10^{-9}$ m/s, $7,097 \times 10^{-9}$ m/s dan $7,323 \times 10^{-9}$ m/s, nilai tersebut belum memenuhi syarat, sebab nilai koefisien permeabilitas maksimum yang dianjurkan yaitu $1,5 \times 10^{-11}$ m/s berdasarkan ACI-301-729 (revisi 1975) (dalam Neville and Brooks, 1987)

5.1. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian penambahan serat Galvalum AZ 150 dengan jenis semen, mutu beton rencana atau ukuran serat yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian penambahan serat Galvalum AZ 150 lebih lanjut menggunakan metoda lain untuk syarat beton kedap air.
3. Perlu dilakukan pengkajian reaksi kimia, pengaruh suhu dan kelembaban yang terjadi pada serat Galvalum AZ 150 dalam proses pengadukan dan perawatan beton yang mungkin mempengaruhi tingkat kedap air beton terhadap air.
4. Perlu dilakukan penelitian tentang persentase penambahan serat Galvalum AZ 150 dengan berbagai variasi faktor air semen (fas).

