

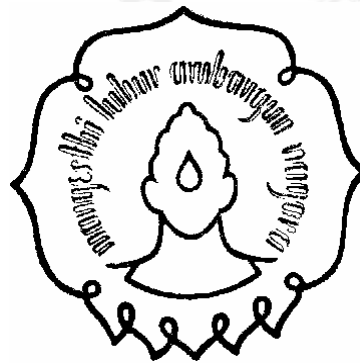
**Tinjauan permeabilitas beton bergradasi sela dengan
bahan tambah conplast p211**

*Permeability evaluation of concrete gap – graded with conplast – p211
additives*

Tugas akhir

Disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret



Oleh :

FENDI SETIYO NUGROHO

NIM I. 1103042

**PROGRAM S1 NON REGULER JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2006

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton terbentuk dari campuran agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Air dan semen yang dicampur membentuk pasta semen dan kemudian mengikat pasir dan bahan-bahan agregat yang lain. Rongga-rongga diantara agregat kasar akan diisi oleh bahan-bahan agregat halus sehingga membentuk satu kesatuan bahan yang padat. Pemilihan beton sebagai bahan struktur bangunan didasari oleh beberapa alasan antara lain bahan-bahan dasarnya dari bahan lokal dan mudah didapat.

Gradasi menerus dengan limit tentu adalah gradasi yang direkomendasikan oleh berbagai standart untuk memperoleh workability yang memadai dan segregasi minimum. Di daerah-daerah dengan ketersediaan sumber agregat yang baik, tidak ditemui masalah tetapi untuk daerah yang mempunyai sumber agregat terbatas atau yang jauh dari sumber agregat. Dalam keadaan seperti ini kemungkinan penggunaan agregat bergradasi sela yang tersedia di daerah tersebut merupakan alternatif yang dapat dipertimbangkan.

Kekedapan adalah sifat tidak dapat dilewati air. Salah satu sifat beton yang baik adalah beton dengan kekedapan tinggi. Struktur beton berpori sehingga tidak bisa kedap air sempurna. Beton dengan agregat normal, kekedapannya tergantung pada porositas pasta semen (*Neville, 1995*). Pasta semen yang mengeras merupakan struktur yang berpori (*Kardiyono, 1996*). Pada tahapan hidrasi pasta semen, suatu butiran sangat halus hasil hidrasi yang disebut gel membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling merekat satu sama lain secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang semula ditempati air. Menurut Neville (1995), setelah penggabungan gel-gel menjadi satu kesatuan, masih terdapat rongga-rongga kecil diantara gel-gel tersebut yang disebut pori-pori gel. Sehingga dengan

adanya pori-pori tersebut akan berpengaruh terhadap rembesan dan permeabilitas beton.

Pada struktur-struktur tertentu seperti dinding penahan tanah, basement, tangki air memerlukan perhatian lebih khusus dalam hal rembesan air dan permeabilitasnya maka dalam penelitian ini ingin dilakukan percobaan untuk mengetahui permeabilitas agregat saja dengan bahan tambah *Conplast P211* yang sebenarnya fungsinya untuk meningkatkan mutu beton, mengurangi pemakaian air dan menaikkan nilai slump.

Disamping itu peran bahan tambah juga sangat penting. Bahan tambahan adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuan pemberian bahan tambah adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya untuk mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah kuat tarik, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi porositas, mengurangi rembesan, permeabilitas, absorpsi dan sebagainya.

Conplast P211 adalah suatu cairan zat aditif yang berisi suatu bahan *Non-Air Entraining Plasticiser* yang berfungsi untuk mempertinggi mutu beton, mengurangi pemakaian air, serta menaikkan nilai slump. Dengan kenaikan nilai slump maka kadar air yang digunakan pada campuran beton dapat berkurang, bila kadar air yang digunakan berkurang maka dapat mengurangi pori yang terdapat pada beton sehingga beton yang dihasilkan lebih mampat. Pemakaian air terlalu banyak akan menurunkan mutu beton karena semakin banyak air berarti pori yang terjadi dalam beton akan banyak sehingga beton bersifat porus, kelebihan air juga akan mengakibatkan *bleeding* yaitu pengaliran air ke atas permukaan beton dengan membawa semen sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan beton yang dikenal dengan *laitance* (Tjokrodinuljo, 1996).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui permeabilitas dari beton bergradasi sela dengan bahan tambah *Conplast P211*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapa ketebalan penetrasi dan nilai koefisien permeabilitas beton bergradasi sela dengan berbagai variasi penambahan zat additive *Conplast P211*.
2. Berapakah komposisi zat additive *Conplast P211* untuk beton bergradasi sela pada agregat halus 2,36 mm; 4,75 mm dan agregat kasar 4,75 mm; 9,5 mm agar menghasilkan permeabilitas minimum.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini untuk mempermudah pembahasan diberikan batasan – batasan sebagai berikut:

1. Digunakan FAS 0,35
2. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
3. Digunakan mutu beton $f'c$ 25 MPa
4. variasi penambahan additive *Conplast P211* adalah 0 lt/100 kg semen; 0,2 lt/100 kg semen; 0,4 lt/100 kg semen; 0,6 lt/100 kg semen.

1.4 Tujuan dan Kegunaan

1.4.1 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui berapa ketebalan penetrasi dan nilai koefisien permeabilitas beton pada umur 28 hari dengan beberapa gabungan agregat kasar dan agregat halus, yaitu:
 - a. Gabungan gradasi agregat kasar menerus dan agregat halus menerus.
 - b. Gabungan gradasi agregat kasar menerus dan agregat halus sela di ayakkan 2,36 mm dan 4,75 mm ditambah zat additive *Conplast P211*.

- c. Gabungan gradasi agregat kasar sela di ayakan 4,75 mm dan 9,5 mm dan agregat halus menerus ditambah zat additive *Conplast P211*.
 - d. Gabungan gradasi agregat kasar sela di ayakan 4,75 mm dan 9,5 mm dan agregat halus sela di ayakan 2,36 mm dan 4,75 mm ditambah zat additive *Conplast P211*.
2. Untuk mengetahui komposisi bahan tambah *Conplast P211* yang menghasilkan permeabilitas yang minimum.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. Manfaat teoritis, yaitu mengembangkan pengetahuan tentang material konstruksi, khususnya beton serta dapat ikut serta memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton bagaimana potensi agregat sela dengan zat additive *Conplast P211* ditinjau dari permeabilitas betonnya.
2. Manfaat praktis, yaitu memberikan informasi tentang pembuatan beton agregat sela dengan penambahan zat additive *Conplast P211* yang hasil permeabilitas betonnya sama atau lebih baik dengan beton agregat bergradasi menerus.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor ke dalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen – air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat desak yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah. (**Edward G. Nawy, 1990:3-4**)

Beton adalah material yang homogen, maka kekuatan beton tergantung pada :

1. Kekuatan agregat (terutama agregat kasar).
2. Kekuatan semen.
3. Kekuatan lekatan antara semen dengan agregat.

(Paulus Nugraha, 1989 : 40)

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya kekuatan beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60 % sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Dua jenis agregat adalah:

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah atau pecah-pecahan dari *blast furnace*).
2. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

(Edward G. Nawy, 1990 : 14)

Kekuatan desak beton ditentukan oleh peraturan dari perbandingan air, agregat kasar dan agregat halus serta berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin

rendah f.a.s semakin tinggi kuat desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan (mudah beton untuk dicor) akan tetapi menurunkan kekuatan, suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump. **(Chu Kia Wang dan Charles G Salmon, 1993:9)**

Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan faktor air semen. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai factor air semen (f.a.s) 0.4 - 0,6 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang ingin dicapai umumnya menggunakan nilai f.a.s rendah, sedangkan dilain pihak, untuk menambah daya *workability* (kelecahan, sifat mudah dikerjakan) diperlukan nilai f.a.s yang lebih tinggi **(Istimawan Dipohusodo, 1990:3)**

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang diperlukan waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 % dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Kelebihan air yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar adukan beton dapat dicampur dengan baik, diangkut dengan mudah dan dapat dicetak tanpa rongga-rongga yang besar (tidak keropos). Akan tetapi hendaknya selalu diusahakan jumlah air sesedikit mungkin, agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh besarnya pori-pori pada beton. Kelebihan air akan mengakibatkan beton berpori banyak sehingga hasil kurang kuat dan juga lebih *porous* (berpori). **(Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996:8)**

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton yang menempati porsi terbesar volume campuran beton. Dibandingkan dengan semen yang bersifat reaktif dan menjalankan fungsinya sebagai bahan pengikat dengan mengadakan reaksi hidrasi, agregat dapat dikatakan bersifat inert atau tidak aktif. Dengan jumlahnya yang besar, kualitas agregat sangat berpengaruh kepada kekuatan maupun

ketahanan beton. Disamping bentuk, tekstur, sifat fisik dan mekanik agregat, maka karakteristik agregat yang memegang peran penting dalam membentuk kekuatan dan ketahanan beton adalah gradasinya.

Dengan porsi bahan pasir dan kerikil yang terbesar $\pm 68\%$ dibanding air $\pm 11\%$, udara $\pm 4\%$, semen $\pm 17\%$ (Carle, 1997), maka dengan komposisi seperti itu berarti susunan butirnya kompaknya sehingga kekuatannya optimal. Hal ini berarti bahwa volume dari beton tersebut didominasi oleh agregat kasar dan ruang kosong diantara agregat kasar (kerikil) diisi oleh agregat halus (pasir), kemudian ruang kosong antara agregat halus diisi oleh pasta semen dan udara yang terperangkap.

Hasil penelitian terdahulu (Carle, G. 1976, Dreuk, G 1979, m Lacroix, R. 1978), baik untuk beton berkekuatan biasa (*normal strength concrete*) maupun untuk beton kinerja tinggi (*high performance concrete*), susunan butir agregatnya didasarkan pada susunan butiran yang menerus (*well grading aggregate*). Hal ini berarti bahwa semua ukuran yang membentuk campuran tersebut tersedia didalamnya. Susunan butiran menerus akan menghasilkan sifat mekanis dan sifat-sifat beton segar yaitu *workability* dan *bleeding*.

Hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan (Li, 1970; Lacroix, 1978; Dreux, 1979), menyatakan bahwa beton dengan susunan butiran bersela (*diskontinyu*) tidak banyak berubah kekuatannya dibandingkan dengan beton yang susunan butirnya menerus (*kontinyu*). Perbedaananya di dalam masalah kemudahan pengerjaan (*workability*), dimana beton dengan susunan butir bersela (*Diskontinyu*) akan lebih kaku, sehingga pengerjaannya akan lebih berat dibandingkan dengan beton yang susunan butirnya menerus.

Hasil penelitian sebelumnya (Suhud, 1996) menunjukkan bahwa susunan butir yang bersela (*Diskontinyu*) baru terlihat pengaruhnya pada kekuatan apabila susunan yang *diskontinyu* tersebut disebabkan oleh sela yang besar.

Ternyata untuk mendapatkan agregat yang susunannya butirnya betul-betul menerus itu tidak mudah, karena ukuran-ukuran yang tersedia dipasaran dalam ukuran tertentu saja, misal batu pecah dengan ukuran 10-20 mm dan 20-30 mm. Bila dipaksakan untuk mendapatkan susunan yang menerus misalnya 5-25 mm, kita harus melakukan pemesanan khusus. Dan hal ini akan menambah biaya dan waktu pekerjaan, sehingga terpaksa kita harus menggunakan agregat yang ada dilapangan (agregat bersela). Apabila dalam susunan butiran agregat ada ukuran yang hilang (bersela), berarti kekompakannya akan berkurang, yang kemungkinannya akan mengubah sifat-sifat beton, baik sifat mekanik maupun sifat fisiknya.

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton segar. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton yang spesifik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan-pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya. **(Kardiyono Tjokromuljo, 1992:47)**

Bahan kimia tambahan atau pembantu adalah suatu produksi disamping bahan semen, agregat campuran dan air, juga dicampurkan dalam campuran spesi beton. Tujuan dari penambahan bahan kimia ini adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton lunak dan keras. Takaran bahan kimia ini sangat sedikit bila dibandingkan dengan bahan utama, sehingga dapat mengoreksi komposisi spesi beton yang baik. **(R. Sagel , P. Kole dan Gideon Kusuma, 1994:155)**

Bahan campuran tambahan (admixture) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar “menjadi cocok untuk pengerjaan tertentu, ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi”.**(Edward G. Navy, 1990: 17)**

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton

Beton adalah hasil dari pencampuran air, semen dan agregat (agregat halus maupun agregat kasar) dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Dengan perbandingan komposisi tertentu, material pembentuk beton dicampur dan menghasilkan campuran yang plastis sehingga dapat dituangkan dalam cetakan sesuai dengan keinginan perencana. Seiring berjalannya waktu campuran tersebut akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air.

Beton yang baik adalah beton yang padat dan kuat, atau dengan kata lain beton tersebut mempunyai tingkat porositas yang kecil. Beton dengan proporsi air yang sedikit menjadi sangat kering dan sukar dipadatkan, sehingga dibutuhkan tambahan air untuk pelincir campuran agar lebih mudah dikerjakan, namun karena seluruh bagian air menguap ketika beton mengering, maka rongga-rongga akan terjadi pada beton yang telah mengeras. Jadi diperlukan adanya cara pemadatan beton yang baik dan penggunaan air dalam adukan beton seminimal mungkin dengan tetap memperhatikan tingkat workabilitas dari campuran.

Gradasi yang baik pada agregat, dapat menghasilkan beton yang padat, sehingga volume rongga berkurang dan penggunaan semen berkurang pula. Susunan beton yang padat dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar.

Workability adukan beton segar dapat diusahakan dengan menggunakan gradasi agregat yang baik. Tetapi gradasi untuk mobilitas yang baik memerlukan butir-butir berlapis pasta semen untuk dapat memudahkan gerak adukan betonnya, sehingga gesekan yang terjadi antar butir-butiran agregat berkurang.

Dari waktu ke waktu teknologi pembuatan beton yang mencakup bahan-bahan pembuat beton hingga teknik pengecoran terus berkembang seiring dengan tuntutan zaman. Faktor terpenting untuk menghasilkan beton dengan mutu yang tinggi adalah konsumsi air. Semakin sedikit air yang digunakan dalam pembuatan beton, semakin tinggi pula mutu dan kekuatan beton tersebut. Namun semakin sedikit penggunaan air, adukan beton semakin kaku dan semakin sulit dikerjakan.

Untuk itulah diperlukan bahan tambahan untuk pembuatan beton yang disebut *concrete admixture*, yang dapat mengurangi pemakaian air, adukan tetapi beton tetap dapat dikerjakan dengan baik. Sebagai perusahaan yang mengkonsentrasikan diri dalam bidang kimia konstruksi, FOSROC yang salah satu produk utamanya adalah *concrete admixture* telah menjawab tantangan ini.

2.2.2 Materi Pembentuk Beton

Beton dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Beberapa keunggulan beton antara lain harganya relative murah karena menggunakan bahan –bahan dasar local, mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap karat, mudah diangkut dan dicetak , dan relatif tahan kebakaran. Namun demikian beton memiliki kelemahan, yaitu kuat tarik rendah, menyusut pada saat pengeringan, sulit untuk kedap air secara sempurna dan getas.

Bahan penyusun beton adalah air, semen portland, dan agregat (terkadang ada bahan tambah, baik bahan kimia tambahan, serat, maupun buangan kimia) pada perbandingan tertentu. (Tjokrodinuljo, 1996). Campuran bahan penyusun tersebut jika dituang ke dalam cetakan dan kemudian dibiarkan, akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung dalam waktu yang panjang.

2.2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan perekat bagi bahan-bahan penyusun beton yang menduduki peran penting dalam pembentukan beton. Semen yang digunakan untuk campuran adukan beton adalah semen portland. Semen portland merupakan bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara pembakaran bahan-bahan dasar yang terdiri dari batu kapur (CaO), tanah geluh atau serpih yang mengandung silika oksida (SiO₂), Alumina Oksida (Al₂O₃) dan besi oksida (Fe₂O₃), disamping itu ada bahan-bahan tambahan lainnya yang sesuai dengan semen yang diinginkan. Campuran dari bahan tersebut selanjutnya dibakar dalam tanur baker dengan temperature 1300 °C – 1400 °C hingga menjadi butiran (*Clinker*). Kemudian butiran tersebut digiling secara mekanis sambil ditambahkan dengan gips tak terbakar dengan fungsi sebagai pengontrol waktu ikat. Hasilnya berbentuk tepung kering yang dimasukkan dalam kantong – kantong semen yang berat umumnya 40kg – 50 kg.

2.2.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 70% dari total volume beton, maka kualitas agregat akan mempengaruhi kualitas beton. (Tjokrodinuljo,1996). Sehingga bila menginginkan terhadap sifat-sifat mortar atau beton tersebut maka pemilihan agregat menjadi sangat penting.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan ukuran butirnya:

1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 5 mm atau bahan batuan yang berukuran kecil (0.15-5 mm). Agregat halus dapat berasal dari pelapukan alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau merupakan pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah beton(*Artificial sand*).

Pasir yang digunakan dalam campuran adukan beton harus memenuhi syarat-syarat seperti tertera pada PBI 1971 Bab 3.3 , yaitu:

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca , seperti terik matahari atau hujan.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian yang dapat melalui saringan 0.063 mm. bila kadar Lumpur melampui 5% maka agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan pada campuran.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organic terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder.
4. Agregat halus terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1mm, harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
5. pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga yang diakui.

Batasan susunan ukuran butiran untuk agregat halus pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Batasan susunan agregat halus

Sieve	Percent Passing (%)
9.50 mm (3/8 in)	100
4.75 mm (no.4)	95-100
2.36 mm (no. 8)	80-100
1.18 mm (no. 16)	50-85
850 micron (no.30)	25-60
300 micron (no. 50)	10-30
150 micron (no. 100)	2-10

Sumber : ASTM, 1998 : C33-97

2. Agregat Kasar

Agregat kasar diartikan sebagai butiran material yang tertahan saringan 4.75 mm (no. 4 standart ASTM). Agregat kasar di alam dapat berupa kerikil atau pun batu pecah. Kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan sedangkan batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu yang mempunyai ukuran yang lebih besar.

Syarat – syarat agregat kasar yang akan dicampurkan sebagai adukan beton tertera dalam PBI 1971 Bab 3.4 adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir tersebut tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar tersebut harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan dari berat kering). Yang diartikan dengan Lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat reaktif alkali.
4. Keausan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan mesin Los Angeles dengan syarat – syarat tertentu.
5. Agregat kasar terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan tidak melewati saringan 4.75 mm.
6. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antar bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal plat, atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang atas berkas tulangan.

Agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan gradasi agregat kasar yang telah ditentukan, persyaratan gradasi agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Kasar

Nominal Size (mm)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings)						
	37.50	25.00	19.00	12.50	9.50	4.75	2.36
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
37.5-19.0	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
37.5-4.75	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
25.0-12.5	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-
25.0-9.50	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-
25.0-4.75	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
19.0-9.50	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-
19.0-4.75	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
12.5-4.75	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5

Sumber : ASTM, 1998 : C33-97

2.2.2.3 Air

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia konstruksi, berbagai kegunaan dari air misalnya untuk pembuatan beton, pemadatan kapur, perawatan beton, dan sebagai campuran untuk adukan pasangan dan plesteran. Di dalam adukan beton, air mempunyai dua fungsi. Yang pertama adalah untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan antara pasta semen dengan agregat pada saat berlangsungnya pengerasan, dan keduanya adalah sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dalam proses pencetakan beton.

Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung lumpur dan senyawa-senyawa yang berbahaya misalnya sulfat, klorida, garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, apabila dipakai untuk campuran adukan beton akan sangat menurunkan kekuatan beton dan dapat mengubah sifat semen.

2.2.2.4 Bahan tambahan

Bahan tambahan adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan ke dalam adukan beton sebelum, atau selama proses pencampuran. Bahan ini biasanya ditambahkan apabila diinginkan untuk mengubah sifat-sifat beton sewaktu dalam keadaan segar maupun setelah mengeras, hal ini juga dilakukan mengingat berbagai persoalan yang ada dilapangan sangat kompleks, sehingga dibutuhkan cara-cara khusus untuk menanggulangnya.

Pemberian bahan tambahan ke dalam adukan beton pada umumnya dengan jumlah yang relatif kecil, sehingga perlu adanya suatu kontrol yang lebih daripada pembuatan adukan beton biasa. Kesalahan yang sering terjadi pada penggunaan bahan tambahan ini adalah pemakaian dosis yang berlebihan yang dapat mengakibatkan sifat-sifat beton yang direncanakan tidak dapat tercapai dan yang terjadi adalah sebaliknya, yaitu beton yang dihasilkan mempunyai kualitas yang rendah.

Conplast P211

Untuk dapat meningkatkan mutu beton pada agregat sela diperlukan bahan tambah yang berfungsi untuk meningkatkan mutu beton, pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah *Conplast P211*.

Conplast P211 adalah bahan tambah berupa cairan yang berwarna hitam kebiru-biruan. Fungsi utama dari *Conplast P211* adalah untuk meningkatkan mutu beton dengan mengurangi kadar air tanpa harus mempersulit *workability*-nya, dapat meninggikan nilai slump dan membuat beton tahan air

Dosis *Conplast P211* ditentukan berdasarkan persentase dari kebutuhan air yang dipakai dalam campuran. Karena bentuknya cairan maka dalam pencampurannya

dilakukan bersamaan pada saat air ditambahkan di dalam adukan beton. Dosis yang digunakan 0.2lt, 0.4lt, dan 0.6 lt dari per 100 kg semen.

2.2.3 Beton Kedap Air

2.2.3.1 Definisi Beton Kedap Air

Berdasarkan SK SNI S-36-1990-03, yang dimaksud dengan beton kedap air adalah beton yang tidak bisa tembus air dan harus memenuhi ketentuan minimum sebagai berikut :

- 1 Untuk beton kedap air normal, bila diuji dengan cara perendaman dalam air.
 - a Selama 10 + 0,5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5 % terhadap berat beton kering oven.
 - b Selama 24 jam, resapan (absorpsi) maksimum 6,5 % terhadap berat beton kering oven.
- 2 Untuk beton kedap air agresif, bila diuji dengan cara tekanan air maka tembusnya air kedalam beton tidak melampaui batas sebagai berikut :
 - a Agresif sedang : 50 mm
 - b Agresif kuat : 40 mm

Tabel 2.3 Tekanan Air pada Sampel Beton dan Waktu Penekanan

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

2.2.3.2 Spesifikasi Bahan

Bahan yang digunakan untuk 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 memenuhi standart yang berlaku dan gradasi agregat harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.5 dan tabel 2.6.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Halus

Ayakan Mm	Batas % berat yang lewat ayakan			
	Umum	Khusus		
		Kasar	Sedang	Halus
10,00	100	-	-	-
5,00	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 - 70	5 - 40	5 - 48	5 - 70
0,15	0 - 15	-	-	-

Sumber : SK SNI S-36-1990-03

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Kasar

Ayakan Mm	% Berat yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal ayakan		
	40 – 5 mm	20 – 5 mm	10 – 5 mm
50,00	100	-	-
37,50	95 – 100	100	100
20,00	35 – 70	85 – 100	90 – 100
10,00	10 – 40	50 – 85	50 – 85
5,00	0 – 5	0 - 50	0 - 10

Sumber : SK SNI S-36-1990-03

- 3 Air dengan mutu sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- 4 Bahan tambah harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2.2.3.3 Ketentuan Minimum Beton Bertulang Kedap Air

Proporsi campuran beton harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.7 dan tabel 2.8.

Tabel 2.6 Kandungan Butir Halus 0.30 mm dalam 1 m³ Beton

Ukuran nominal maksimum butir agregat (mm)	Minimum kandungan butir halus dalam 1 m ³ beton (kg/m ³)
10	520
20	450
40	400

Sumber : SK SNI S-36-1990-03

Tabel 2.7 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	
				40 mm	20 mm
Beton Bertulang	Air tawar	0,5	Tipe I - V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + pozzolan (15% - 40%) atau SPP	340	380
		0,5	Tipe II atau tipe V	290	330
	Air laut	0,45	Tipe II atau tipe V	330	370

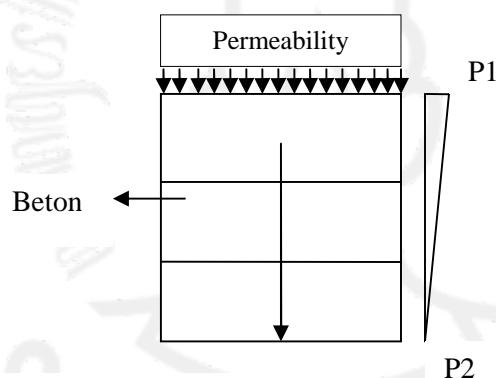
Sumber : SK SNI S-36-1990-03

2.2.4 Mekanisme Pengaliran

Masuknya gas, air atau ion dalam suatu larutan ke dalam beton berlangsung melalui pori-pori atau micro-cracks di dalam 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 pemodelan secara teoritis proses pengaliran. Prosedur ini bagaimanapun juga sangat terbatas sebab dalam beberapa kasus beton tidak sebagai suatu bentuk yang berpori-pori 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.

Mekanisme pengaliran juga bertindak sebagai model yang teoritis untuk mengevaluasi karakteristik pengaliran beton dalam metoda pengujian yang berbeda. Mekanisme transportasi air yang dapat beroperasi pada media semi-permeable seperti juga pada beton (Jackson dan Dhir, 1996), yaitu :



Keterangan :
P1 = Tekanan awal
P2 = Tekanan akhir

Gambar 2.1 Mekanisme Transportasi Air ke dalam Beton.

Permeabilitas terjadi akibat adanya 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 yang sangat dalam.

2.2.5 Permeabilitas Beton

Permeabilitas beton adalah kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton. Dalam ASTM maupun BS tidak terdapat diskripsi tentang uji permeabilitas secara rinci, namun berdasarkan Neville dan Brooks (Concret Tecnology, 1987), uji permeabilitas beton dapat diukur dari percobaan sample beton yang di sealed dari air bertekanan pada sisi atasnya saja dan meliputi aspek banyaknya air yang mengalir lewat pada ketebalan beton pada waktu tertentu (seperti disyaratkan SK-SNI-S-36-1990-03 ayat 2.2.1.2)

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

$$(1/A) (dQ/dt) = k (\Delta h/L)$$

dengan :

dQ/dt : kecepatan aliran air (cm^3/dt)

A : luas penampang sebaran air pada beton (cm^2)

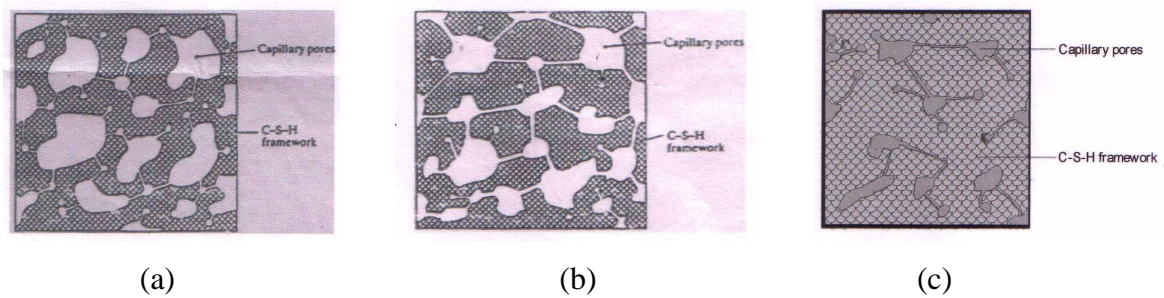
Δh : tinggi air jatuh (cm)

L : ketebalan penetrasi beton (cm)

k : koefisien permeabilitas (cm/dt)

Untuk beton yang menggunakan agregat normal, permeabilitas ditentukan oleh porositas pasta semen tetapi hubungan suatu faktor distribusi ukuran pori bukanlah fungsi yang sederhana. Permeabilitas bukan hanya ditentukan oleh porositasnya saja tetapi juga oleh kapiler yang saling menghubungkannya.

Kapiler yang terbagi dalam ruas-ruas berpengaruh besar terhadap permeabilitas, secara nyata menggambarkan bahwa permeabilitas adalah fungsi dari porositas yang tidak sederhana. Ada kemungkinan pada dua badan yang porous memiliki kesamaan porositas tetapi berbeda permeabilitasnya, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 pada kenyataannya hanya satu lintasan besar yang menghubungkan rongga-rongga kapilernya yang akan mengakibatkan besarnya permeabilitas.



Gambar 2.2 Pori-pori kapiler pada beton

Keterangan :

- Permeabilitas rendah ~ pori-pori kapiler terbagi dalam ruas-ruas dan hanya terhubung sebagian
- Permeabilitas tinggi ~ pori-pori kapiler terhubung oleh lintasan besar
- Pori-pori kapiler pada beton normal

Standar ACI 301-72 (revisi 1975) menyarankan bahwa agar kedap air, beton struktur harus mempunyai rasio air-semen tidak lebih dari 0,48 yang berhubungan dengan air tawar dan tidak lebih dari 0,44 yang berhubungan dengan air laut. Permeabilitas maksimum sebesar $1,5 \times 10^{-11} \text{m/dt}$ ($4,8 \times 10^{-11} \text{m/dt}$) sering dianjurkan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini direncanakan dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta (Lab. BKT FT UNS.)

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah suatu penelitian yang berusaha untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dalam kondisi terkontrol secara ketat. Adapun kelompok eksperimental pada penelitian ini adalah benda uji dengan variasi gradasi sela, untuk agregat halus sela 2.36 mm dan 4.75 mm, untuk agregat kasar sela 4.75 mm dan 9.5 mm dengan perlakuan variasi penambahan kadar Fosroc P211 2%,4%, dan 6%. Sebagai kelompok kontrol adalah benda uji tanpa penambahan kadar *Conplast P211* (kadar *Conplast P211* 0%), pada beton agregat gradasi menerus.

3.2.1 Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji silinder beton dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm. Dilakukan variasi terhadap kadar *Conplast P211* yang digunakan untuk membuat beton. Terdapat empat variasi kadar *Conplast P211* yaitu 0%;2%;4%; dan 6%.

Total benda uji yang digunakan dalam penelitian ini ada 52 buah benda uji silinder, yang dapat dilihat dalam tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Jumlah benda uji pada pengujian permeabilitas.

No	Kode Benda Uji	Zat aditif	Variasi penambahan zat aditif	Umur pangujian (hari)	Jumlah benda uji
1	HNKS-0a	<i>Conplast P211</i>	0 liter per 100 kg semen	28	1
	HNKS-0b				1
	HNKS-0c				1
	HNKS-0d				1
2	HSKN-0a	<i>Conplast P211</i>	0 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKN-0b				1
	HSKN-0c				1
	HSKN-0d				1
3	HSKS-0a	<i>Conplast P211</i>	0.2 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKS-0b				1
	HSKS-0c				1
	HSKS-0d				1
4	HNKS-0.2a	<i>Conplast P211</i>	0.2 liter per 100 kg semen	28	1
	HNKS-0.2b				1
	HNKS-0.2c				1
	HNKS-0.2d				1
5	HNKS-0.4a	<i>Conplast P211</i>	0.4 liter per 100 kg semen	28	1
	HNKS-0.4b				1
	HNKS-0.4c				1
	HNKS-0.4d				1
6	HNKS-0.6a	<i>Conplast P211</i>	0.6 liter per 100 kg semen	28	1
	HNKS-0.6b				1
	HNKS-0.6c				1
	HNKS-0.6d				1
7	HSKN-0.2a	<i>Conplast P211</i>	0.2 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKN-0.2b				1
	HSKN-0.2c				1
	HSKN-0.2d				1
8	HSKN-0.4a	<i>Conplast P211</i>	0.4 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKN-0.4b				1
	HSKN-0.4c				1
	HSKN-0.4d				1
9	HSKN-0.6a	<i>Conplast P211</i>	0.6 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKN-0.6b				1
	HSKN-0.6c				1
	HSKN-0.6d				1
10	HSKS-0.2a	<i>Conplast P211</i>	0.2 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKS-0.2b				1
	HSKS-0.2c				1
	HSKS-0.2d				1
11	HSKS-0.4a	<i>Conplast P211</i>	0.4 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKS-0.4b				1
	HSKS-0.4c				1
	HSKS-0.4d				1
12	HSKS-0.6a	<i>Conplast P211</i>	0.6 liter per 100 kg semen	28	1
	HSKS-0.6b				1
	HSKS-0.6c				1
	HSKS-0.6d				1
13	HNKN-a	Beton normal		28	1
	HNKN-b				1
	HNKN-c				1
	HNKN-d				1
Total benda uji					52

Keterangan :

- HNKN : Halus Normal Kasar Normal
- HNKS : Halus Normal Kasar Sela
- HSKN : Halus Sela Kasar Normal
- HSKS : Halus Sela Kasar Sela

3.2.2 Tahap dan Prosedur Penelitian

Sebagai penelitian ilmiah maka penelitian harus dilaksanakan dalam sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur sehingga hasil yang didapat baik dan dapat dipertanggungjawabkan.

Untuk itu, pelaksanaan ini dibagi menjadi tahap-tahap sebagai berikut:

1. Tahap I

Tahap persiapan. Pada tahap ini semua bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan secara matang sehingga penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan lancar tanpa hambatan.

2. Tahap II

Tahap uji bahan. Pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan. Selain itu juga untuk mengetahui apakah agregat-agregat tersebut memenuhi persyaratan atau tidak, atau agregat tersebut memerlukan penanganan khusus agar dapat menjadi agregat yang baik. Hasil

dari pengujian ini nantinya juga digunakan sebagai data perencanaan campuran adukan beton.

3. Tahap III

Tahap pembuatan benda uji. Tahapan ini meliputi pekerjaan sebagai berikut :

- Pembuatan rencana campuran adukan beton (*mix design*)
- Pembuatan adukan beton.
- Pemeriksaan nilai slump
- Pembuatan benda uji

4. Tahap IV

Tahap perawatan (*curing*). Pada tahap ini dilakukan perawatan pada benda uji beton yang sudah jadi. Perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji pada hari kedua selama 7 hari kemudian dikeluarkan dari air dan dibungkus karung goni yang setiap harinya dibasahi air. Perawatan ini dilakukan sampai benda uji berumur 21 hari. Kemudian beton atau benda uji diangin-anginkan hingga waktu dilakukan pengujian terhadap benda uji yaitu pada umur 28 hari.

5. Tahap V

Tahap pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian absorpsi beton pada umur 28 hari yang dilanjutkan analisis data.

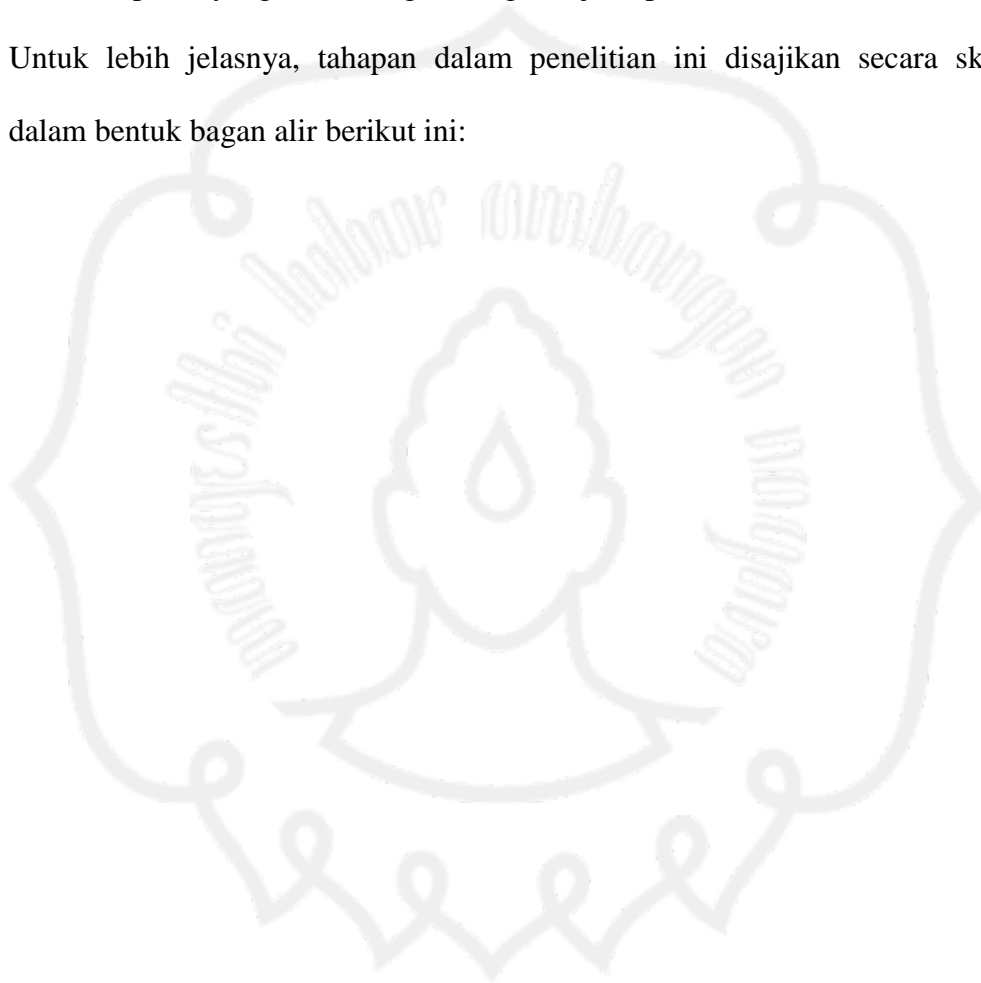
6. Tahap VI

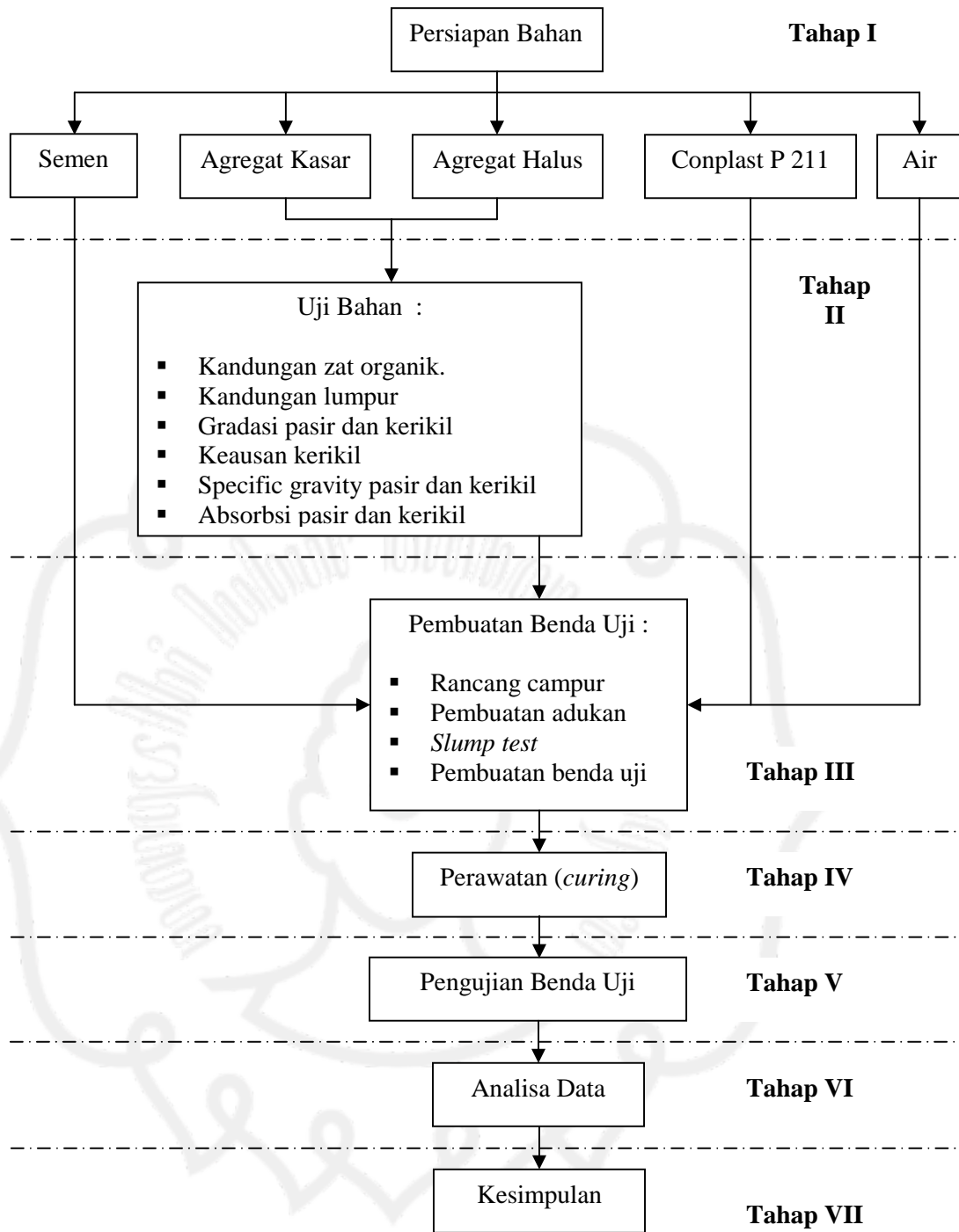
Tahap analisis data. Pada tahap ini data-data yang diperoleh dari hasil pengujian absorpsi dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

7. Tahap VII

Pada tahap ini data yang telah dianalisis pada tahap sebelumnya dibuat kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Untuk lebih jelasnya, tahapan dalam penelitian ini disajikan secara skematis dalam bentuk bagan alir berikut ini:





Gambar 3.1. Bagan Alir Tahap-tahap Metode Penelitian

3.2.3 Deskripsi Alat dan Bahan

1. Alat

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

Alat – alat yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Timbangan
Digunakan untuk mengukur berat material yang akan digunakan
2. Oven
Digunakan untuk mengeringkan material (pasir, kerikil)
3. Ayakan
Ayakan baja dengan bentuk lubang ayakan bujur sangkar dengan ukuran yang tersedia adalah 50 mm, 37.5 mm, 25 mm, 19 mm, 12.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm dan pan
4. Mesin penggetar ayakan
Mesin ini digunakan sebagai dudukan sekaligus penggetar ayakan, digunakan pada waktu uji gradasi baik untuk agregat halus maupun agregat kasar.
5. Corong konik / *Conical Mould*
Dengan ukuran diameter atas 3.8 cm, diameter bawah 8.9 cm, tinggi 7.6 cm, lengkap dengan alat penumbuk. Alat ini digunakan untuk mengukur keadaan “SSD” (*Saturated Surface Dry*) agregat halus
6. Corong / kerucut Abrams
Digunakan untuk mengukur nilai slump adukan beton
7. Mesin *Los Angelos*
Mesin *Los Angelos* yang dilengkapi dengan 12 bola buah bola baja, yang digunakan untuk menguji ketahanan aus (abrasi) agregat kasar
8. Cetakan benda uji
Benda uji dalam penelitian berbentuk silinder, dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
9. Alat bantu

Alat bantu lainnya yang digunakan :

- a. Cetok semen, digunakan untuk memindahkan adukan beton ke dalam cetakan
- b. Gelas ukur kapasitas 250 ml digunakan untuk meneliti kandungan zat organik dan kandungan lumpur dalam agregat halus
- c. Molen digunakan untuk mengaduk campuran beton

2. Bahan

Pada penelitian ini menggunakan bahan – bahan sebagai berikut:

- a. Semen yang digunakan tipe I
- b. Agregat kasar berupa batu pecah dari daerah Kab. Karanganyar
Untuk yang agregat kasar pada penelitian ini di sela pada ayakan no. 4.75 mm; 9.5 mm
- c. Agregat halus berupa pasir alam dari Kaliworo, Kalten
Pada penelitian ini agregat halus di sela pada ayakan no. 2.36 mm ; 4.75 mm.

3.3 Pengujian Bahan Dasar Beton

3.3.1. Agregat Halus

a. Kadar Lumpur

Tujuan: mengetahui kandungan lumpur dalam pasir.

Alat dan Bahan:

- a. Alat:
 - Gelas ukur 250 mm
 - Cawan alumunium
 - Timbangan

- Pipet
- Oven

b. Bahan:

- 1) Agregat halus (pasir) dari oven
- 2) Air bersih dari laboratorium BKT

Langkah Kerja:

1. Menyiapkan sampel pasir kering oven.
2. Menimbang pasir kering oven seberat 100 gram.
3. Mengambil tabung gelas ukur kemudian memasukkan pasir tersebut ke dalam gelas.
4. Melakukan proses pencucian dengan cara sebagai berikut:
 - Menuangkan air ke dalam tabung berisi pasir setinggi 12 cm dari atas permukaan.
 - Menutup tabung rapat-rapat.
 - Mengocok tabung sebanyak 10 kali.
 - Membuang airnya.
 - Percobaan ini dilakukan beberapa kali sampai airnya jernih.
5. Menuangkan pasir ke dalam cawan alumunium, jika masih terdapat air digunakan pipet untuk menggunakan.
6. Pasir dalam cawan tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam didiamkan hingga mencapai suhu kamar.
8. Menimbang pasir yang sudah dikeringkan dalam oven.

b. Kadar Zat Organik

Tujuan: menentukan jumlah kandungan zat organik di dalam pasir

Alat dan Bahan:

a. Alat:

- 1) Gelas ukur 250 mm
- 2) Cawan alumunium
- 3) Timbangan
- 4) Pipet
- 5) Oven

b. Bahan:

- 1) Agregat halus (pasir) dari oven
- 2) Larutan NaOH 3%

Langkah kerja:

- a. Menyiapkan sampel pasir kering oven.
- b. Mengambil tabung gelas ukur dan kemudian memasukkan gelas pasir tersebut ke dalam tabung gelas ukur sebanyak 130 cc.
- c. Mengambil dan menuangkan larutan NaOH 3% ke dalam gelas ukur yang berisi pasir tadi sehingga volume pasir dan NaOH 3% mencapai 200 cc.
- d. Mengocok pasir dan larutan NaOH 3% tersebut selama ± 10 menit.
- e. Meletakkan campuran pada tempat terlindung selama 24 jam.
- f. Mengamati warna air yang berada diatas pasir dalam gelas ukur tersebut.

c. *Specific Gravity* Agregat Halus

Tujuan: mengetahui berat jenis pasir serta daya serap pasir terhadap air.

Alat dan bahan:

a. Alat:

- 1) Conical Mould dan temper (pemadat)
- 2) Volumetric flash 500 cc
- 3) Neraca/timbangan
- 4) Oven
- 5) Cawan
- 6) Pipet

b. Bahan :

- 1) Agregat halus
- 2) Air jernih dari laboratorium BKT

Langkah kerja:

a. Membuat pasir dalam keadaan SSD dengan cara:

- Mengambil pasir yang telah disediakan. Dianggap kondisi lapangan SSD.
- Memasukkan pasir dalam *conical mould* setinggi 1/3 tinggi kemudian ditumbuk dengan tamper 15 kali.
- Memasukkan lagi pasir dalam *conical mould* setinggi 2/3 tinggi kemudian ditumbuk lagi dengan tamper 15 kali.
- Memasukkan lagi pasir sampai penuh dan ditumbuk lagi sebanyak 15 kali.
- Memasukkan lagi pasir sampai penuh kemudian diratakan permukaannya.
- Mengangkat *conical mould* sehingga pasir akan merosot. Bila penurunan pasir mencapai 1/3 tinggi atau $\pm 2,5$ cm maka pasir tsb sudah dalam keadaan kering permukaan (SSD).

b. Mengambil pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram (kode D).

c. Memasukkan pasir tsb kedalam *volumetric flash* dan kemudian menambahkan air sampai penuh dan didiamkan selama 24 jam.

- d. Setelah 24 jam, menimbang *volumetric flash* yang berisis pasir dan air tersebut (kode C)
- e. Mengeluarkan pasir dari *volumetric flash* dan memasukkan kecawan dengan membuang air terlebih dahulu jika dalam cawan masih ada air mengeluarkannya dengan menggunakan pipet.
- f. Memasukkan pasir dalam cawan ke dalam oven dengan suhu 110° selama 24 jam
- g. Volumetrik yang telah kosong dan bersih diisi air sampai penuh dan ditimbang (kode B).
- h. Pasir yang telah dioven didiamkan sampai mencapai suhu kamar kemudian menimbang pasir tersebut (kode A).

d. Gradasi Agregat Halus

Tujuan:

- a. Menentukan gradasi agregat halus
- b. Mengetahui modulus kehalusan pasir
- c. Membuat grafik hubungan antara diameter ayakan dengan sisa kumulatif butiran pasir menurut ASTM

Alat dan bahan:

- a. Alat
 - 1) Neraca/timbangan
 - 2) Oven
 - 3) Satu set alat pemeriksa gradasi (*sieve*) yang terdiri dari ayakan dengan diameter: 9.5 mm; 4.75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 0.85 mm; 0.30 mm; 0.18 mm
 - 4) Cawan dan silikat
 - 5) Mesin fibrator (penggetar)

b. Bahan :

- 1) Agregat halus (pasir) dalam kondisi kering oven

Langkah kerja:

- a. Menyiapkan pasir kering oven dalam suhu 110 °C
- b. Mengambil dan menimbang pasir 3000 gram.
- c. Mengambil dan menyusun *sieve* dengan susunan dari bawah ke atas: pan; 0,18 mm; 0,30 mm; 0,85mm; 1,18 mm; 2,36 mm; 4,75 mm; 9,50 mm.
- d. Meletakkan sieve ke mesin vibrator \pm 5 menit.
- e. Menuangkan sisa butiran yang tertahan pada masing-masing ayakan dan menimbang satu per satu.
- f. Mencatat hasil untuk setiap ayakan.

3.3.2 Agregat Kasar

- a. *Specific Gravity* Agregat Kasar

Tujuan:

- a. Mengetahui berat jenis kerikil
- b. Mengetahui daya serap kerikil

Alat dan bahan:

- a. Alat :
 - 1) Timbangan/neraca kapasitas 5 kg ketelitian 100 mg
 - 2) Bejana dan *kontainer*
 - 3) Tangki air
 - 4) Oven
 - 5) Saringan / ayakan
 - 6) Lap (dari kain)

b. Bahan :

- 1) Agregat kasar (kerikil)
- 2) Air jernih dari laboratorium BKT

Langkah kerja:

- a. Mengambil kerikil (sampel) kemudian dicuci untuk menghilangkan kotoran.
- b. Mengeringkan kerikil dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Mendinginkan kerikil setelah dioven hingga mencapai suhu kamar.
- d. Menimbang kerikil seberat 3000 gram (kode A).
- e. Memasukkan kerikil ke dalam kontainer dan direndam selama 24 jam.
- f. Setelah 24 jam, kontainer dan kerikil ditimbang dalam keadaan terendam dalam air.
- g. Mengangkat kontainer dari dalam air kemudian mengeringkan kerikil dengan dilap.
- h. Menimbang kerikil dalam kondisi SSD (kode B).
- i. Menimbang kontainer.
- j. Menghitung berat agregat dalam air dengan cara mengurangkan hasil penimbangan langkah ke 6 dengan berat kontainer.

b. Abrasi Agregat Kasar

Tujuan: mengetahui tingkat keausan karena gesekan atau perputaran yang terdeteksi dengan prosentase

Alat dan bahan:

a. Alat :

- 1) Saringan (Aperture 12,5 mm ; 9,5 mm ; 4,75 mm ; 2 mm)
- 2) Abrasi test set (mesin pemutar los angelos)

b. Bahan :

- 1) Agregat kasar yang lolos saringan 12,5 mm dan tertampung saringan 9,5 mm sebanyak 2,5 kg
- 2) Agregat kasar yang lolos saringan 9,5 mm dan tertampung saringan 4,75 mm sebanyak 2,5 kg

Langkah kerja:

- a. Mencuci agregat kasar sampai bersih kemudian mengeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- b. Mengayak agregat kasar tersebut dan memasukkan hasil ayakan ke dalam mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 500 kali.
- c. Setelah diputar, menimbang hasil pemutaran yang tertahan pada ayakan 2 mm.
- d. Akan diadakan variasi kelas abrasi.

c. Gradasi Agregat Kasar

Tujuan:

- Untuk mengetahui susunan agregat kasar dan angka keausan.
- Membuat grafik hubungan antara diameter ayakan dengan butiran agregat kasar yang lolos.

Alat dan bahan:

a. Alat:

- 1) Oven
- 2) Neraca/timbangan
- 3) Mesin penggetar
- 4) Satu set ayakan

b. Bahan:

- 1) Agregat kasar

Langkah kerja:

- a. Menyiapkan kerikil yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 110°C seberat 3000 gram.
- b. Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari diameter bawah ke atas: pan; 2.36 mm; 4.75 mm; 9.5mm; 12.5mm; 19mm; 25mm; 38 mm.
- c. Menuangkan kerikil ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut dan diletakkan di mesin penggetar.
- d. Menghidupkan mesin penggetar selama ± 5 menit.
- e. Menimbang dan mencatat berat agregat kasar yang tertinggal diatas masing-masing ayakan.

3.4 Rencana Pencampuran Beton

Rencana campuran antara semen, air dan agregat-agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton sesuai dengan yang diinginkan. Perancangan campuran adukan beton dimaksudkan untuk memperoleh kualitas beton yang seragam. Dalam hal ini rencana campuran beton menggunakan *mix design* dengan metode Departemen Pekerjaan Umum dan kekuatan yang akan dicapai adalah 37 Mpa.

Variasi penambahan zat aditif *Conplast P211* adalah 0 lt/100 kg semen; 0,2 lt/100 kg semen; 0,4 lt/100 kg semen; 0,6 lt/100 kg semen . Variasi ini didasarkan pada range dosis yang tertera pada brosur yang dikeluarkan oleh PT. Fosroc Indonesia. Untuk mempermudah pencampuran maka setiap kelompok benda uji pada tiap variasi dibuat hitungan jumlah bahan yang dibutuhkan. Rencana campuran beton dan kebutuhan bahan tiap satu kali adukan dapat dilihat pada lampiran B.

3.5 Pengujian Nilai Slump

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

- Membasahi cetakan dan pelat dengan kain basah
- Meletakkan cetakan diatas pelat dengan kokoh
- Mengisi cetakan sampai penuh dengan 3 lapisan, tiap lapisan berisi kira-kira 1/3 isi cetakan, kemudian setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata.
- Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan pengujian benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang ada disekitar cetakan harus disingkirkan
- Mengangkat cetakan perlahan-lahan tegak lurus keatas
- Mengukur slump yang terjadi

3.6 Pembuatan Benda Uji

Masing – masing proporsi bahan yang telah dihitung kemudian dibuat campuran adukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Mengambil bahan pembentuk beton yaitu semen, pasir, kerikil, dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam rencana
2. Mengaduk bahan – bahan tersebut sampai benar – benar homogen
3. Diadakan pengujian nilai slump dengan menggunakan kerucut Abrams.
 - a. Kerucut Abrams dibersihkan dan bagian dalam dibasahi dengan air.
 - b. Cetakan diletakkan di atas plat baja
 - c. Adukan beton dimasukkan hingga 1/3 bagian kerucut, kemudian dipadatkan dengan cara menumbuknya menggunakan tongkat sebanyak 25 kali

- d. Pengisian diselesaikan sampai dengan dua lapis berikutnya dan pada bagian atasnya ditumbuk sehingga cetakan tetap terisi penuh. Selanjutnya bagian atasnya diratakan dengan menggunakan cetok
 - e. Cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus ke atas
 - f. Diukur penurunannya dari tinggi mula – mula, dan besarnya penurunan tersebut adalah nilai slump
4. Adukan beton siap dituang dalam cetakan.

Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum pencetakan benda uji silinder perlu dilakukan langkah – langkah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan cetakan silinder dan melumasi sisi dalamnya dengan oli
- b. Memasukkan adukan ke dalam cetakan silinder diikuti dengan pemadatan, setelah itu permukaanya diratakan dan dibiarkan selama 24 jam
- c. Setelah beton berumur 1 hari, cetakan dibuka dan kemudian beton direndam dalam air.

3.7 Perawatan (*Curing*)

Perawatan dilakukan untuk mengurangi penguapan air yang berlebihan, yang berakibat beton akan mengalami penyusutan. Dengan perawatan yang baik dan benar diharapkan dapat menghasilkan benda uji yang layak.

Perawatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara merendam benda uji di dalam air pada hari kedua selama 7 hari. Selanjutnya dikeluarkan dari dalam air dan di tutup dengan karung goni yang setiap hari dibasahi selama 14 hari atau beton berumur 21 hari. Kemudian beton diangin – anginkan selama 7 hari dan baru dilakukan pengujian pada saat beton berumur 28 hari.

3.8 Pengujian Permeabilitas dan Penetrasi Air

Permeabilitas beton adalah kemudahan cairan atau gas melewati beton. Menurut Neville dan Brooks (*concrete Tecchnology, 1978*), uji permeabilitas beton dapat diukur dari percobaan sample beton yang di *sealed* dari air yang bertekanan pada sisi atasnya saja dan meliputi aspek : banyaknya air yang mengalir lewat pada ketebalan beton pada waktu tertentu (seperti disyaratkan pada SK SNI S-6-1990-03 ayat 2.2.1.2). tekanan air dan waktu penekanan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Tekanan Air pada Sampel Beton dan Waktu Penekanan

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

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

$$(1/A) (dQ/dt) = k (\Delta h/L)$$

dengan :

dQ/dt : kecepatan aliran air (cm³/dt)

A : luas penampang sebaran air pada beton (cm²)

Δh : tinggi air jatuh (cm)

L : ketebalan penetrasi beton (cm)

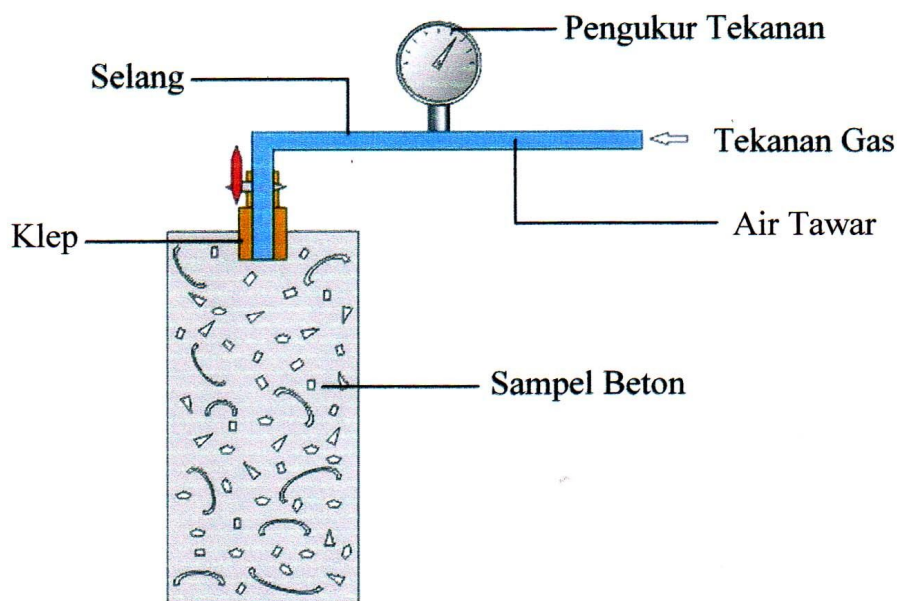
k : koefisien permeabilitas (cm/dt)

Pengujian permeabilitas dan penetrasi air dari beton dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Untuk mengevaluasi ketebalan/kedalaman penetrasi air :
 - a. Benda uji dikeringkan sampai beratnya konstan dengan cara dimasukan ke dalam oven.
 - b. Air dengan tekanan tertentu dimasukkan lewat selang pada permukaan atas sampel dengan cara memberi lubang sebesar pipa selangnya. Pipa (selang air bertekanan) di-*sealed*, diikat dengan klem pada permukaan atas betonnya.

- c. Sampel kemudian diberi air bertekanan 1 kg/cm^2 selama 48 jam, lalu dilanjutkan air bertekanan 3 kg/cm^2 selama 24 jam dan dilanjutkan air bertekanan 7 kg/cm^2 selama 24 jam, Permeabilitas diukur dari kedalaman penetrasi air yang terjadi (diukur dari permukaan pipa selang sampai kedalaman pada beton).

Untuk lebih jelasnya seperti terlihat pada gambar 3.2 berikut

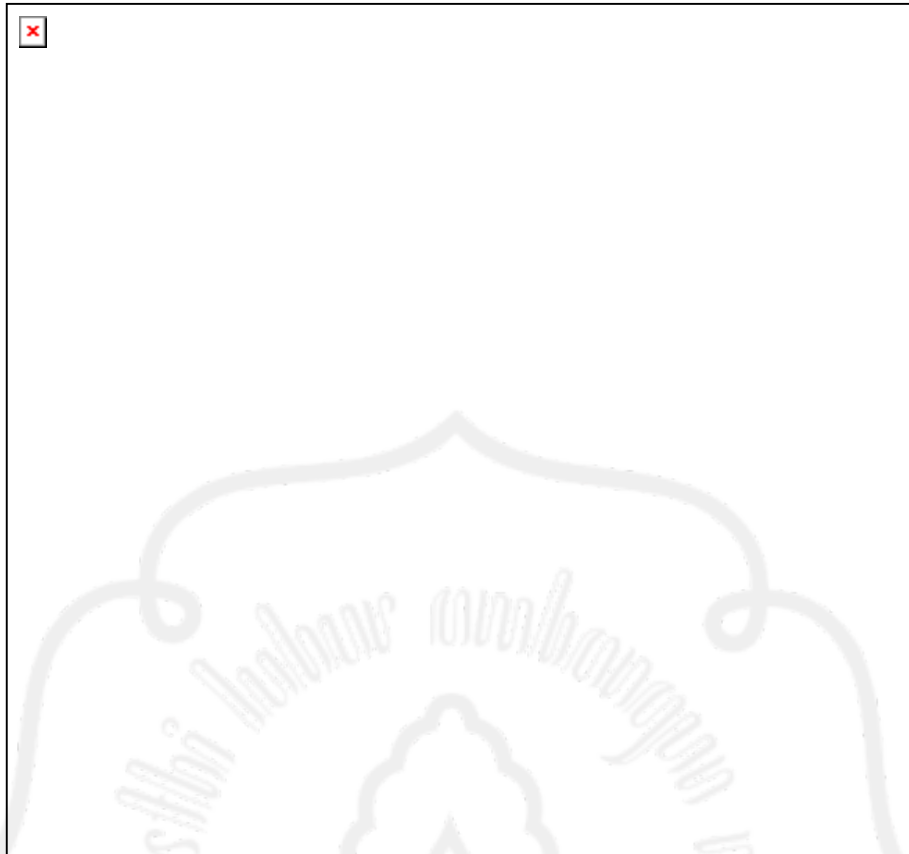


Gambar 3.2 Sampel beton Diberi air dengan Tekanan Tertentu

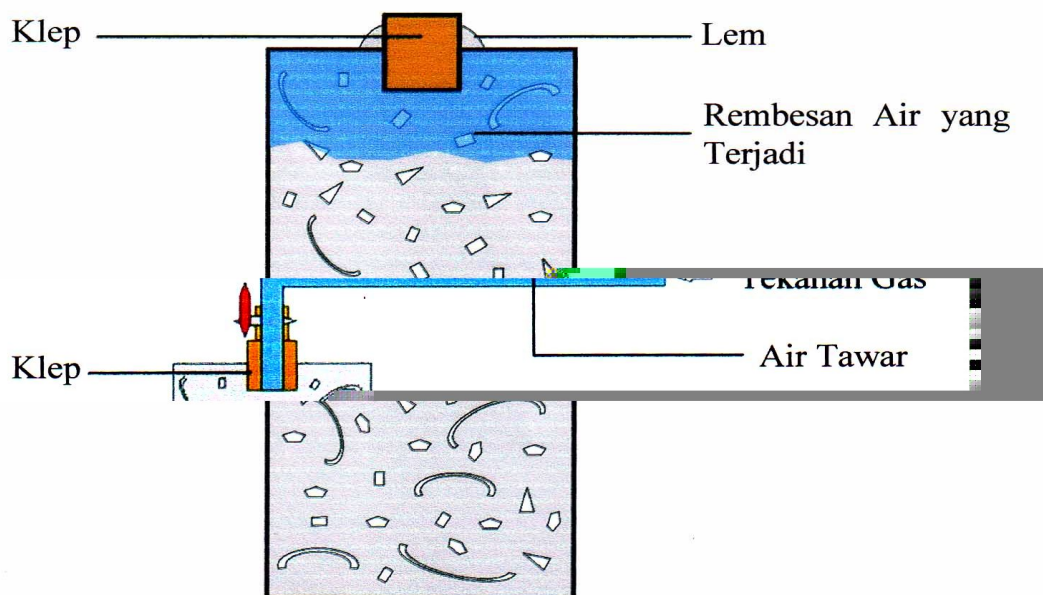
2. Untuk mengevaluasi koefisien permeabilitas

Koefisien permeabilitas beton dievaluasi dengan cara sebagai berikut : setelah sampel diberi tekanan 7 kg/cm^2 selama 24 jam, kemudian sampel tersebut di atasnya diberi selang yang telah diisi oleh air. Fungsi dari selang diisi air ini adalah untuk mengetahui penurunan air yang terjadi selama 1 jam. Kemudian sampel dibelah dan dievaluasi kedalaman penetrasi airnya, diameter sebaran air dan nilai k dievaluasi berdasar hukum *Darcy* seperti pada rumus di atas.

Untuk lebih jelasnya seperti terlihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4 berikut :



Gambar 3.3 Pengukuran Koefisien Permeabilitas



Gambar 3.4 Sampel Beton Setelah Dibelah

3.9 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data adalah proses penyederhanaan data ke dalam bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan. Dalam proses ini dipakai *Microsoft Excel* untuk menyajikan data menjadi informasi yang lebih sederhana dan mudah untuk dimengerti. Setelah ini dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut untuk kemudian dapat diambil sebuah kesimpulan.



BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pengujian bahan dan benda uji dilaksanakan sesuai dengan tata cara dan standart pengujian yang terdapat pada bab sebelumnya. Waktu pelaksanaan percobaan disesuaikan dengan jadwal penelitian dan ijin penggunaan Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS.

Dalam bab ini akan disajikan hasil penelitian dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh. Sedangkan hasil pemeriksaan bahan dasar penyusun beton disajikan pada lampiran. Hasil dan perhitungan pemeriksaan agregat halus, agregat kasar disajikan dalam lampiran A.

4.1 Hasil Pengujian Agregat

4.1.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan kadar lumpur, kadar zat organik, *specific gravity*, gradasi dan kadar air. Hasil – hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1, sedang data – data pengujian dapat dilihat pada lampiran A.

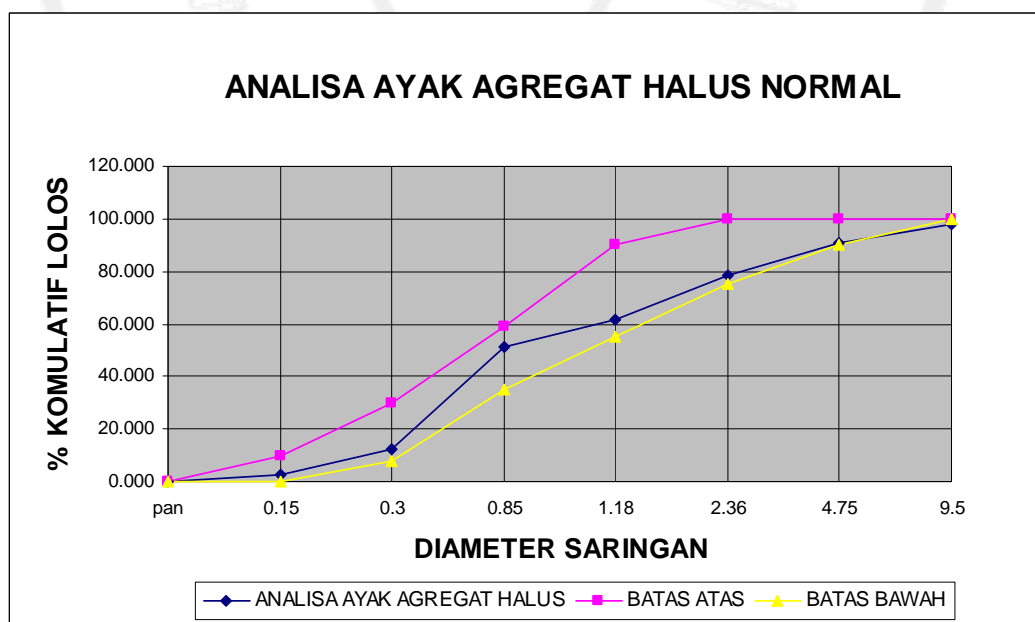
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar ASTM	Kesimpulan
1.	Kadar Lumpur	4,35 %	Maks 5%	Memenuhi syarat
2.	Kadar zat organik	Jernih	Kuning	Memenuhi syarat
3.	Bulk Spesific gravity SSD	2,51	-	
4.	Absorsi	1,01 %	-	
5.	Kadar air	4,35 %	-	
6.	Modulus Halus (gradasi menerus)	3,05	1,50 – 3,80	Memenuhi syarat
	Modulus Halus (gradasi sela)	2,29		

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus Normal

No	Ø (mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif (%)		Syarat ASTM C.33-97 (%)
		gram	%	Tertinggal	Lolos	
1	9.5	59	1,976	1,976	98,024	100
2	4.75	225	7,535	9,511	90,489	90-100
3	2.36	354	11,855	21,366	78,634	75-100
4	1.18	509	17,046	38,413	61,587	55-90
5	0.6	314	10,516	48,928	51,072	35-59
6	0.3	1154	38,647	87,575	12,425	8-30
7	0.15	285	9,545	97,120	2,880	0-10
8	pan	86	2,880	100,000	0,000	0
	Jumlah	2986	100	404,889		

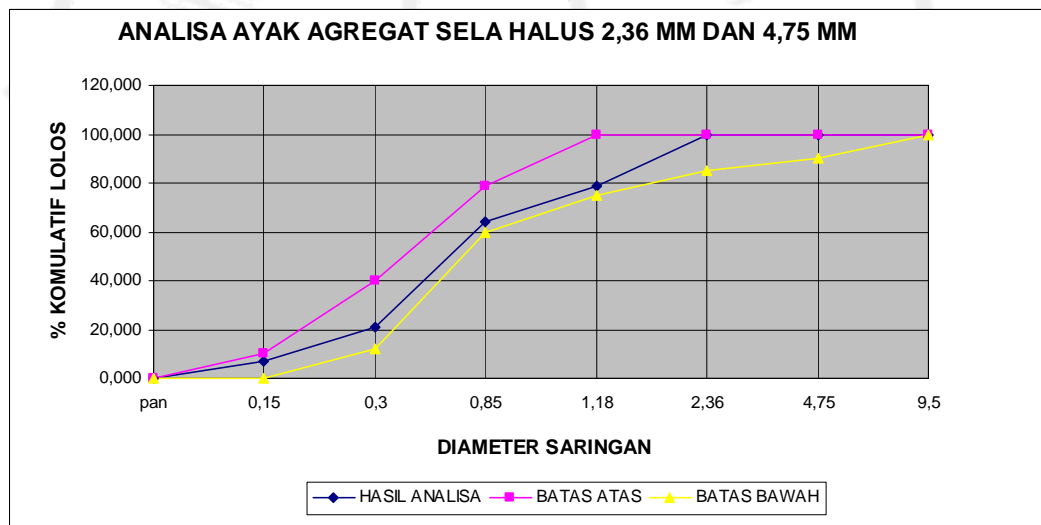
Dari tabel gradasi agregat halus di atas dapat digambarkan grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C – 33 sebagai berikut :



Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus Sela

No	Ø(mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif (%)		Syarat ASTM C.33-97 (%)
		gram	%	tertinggal	Lolos	
1	9.5	0	0.000	0.000	100.000	100
2	4.75	0	0.000	0.000	100.000	90-100
3	2.36	0	0.000	0.000	100.000	85-100
4	1.18	636.6	21.319	21.319	78.681	75-100
5	0.6	441.6	14.789	36.109	63.891	60-79
6	0.3	1281.6	42.920	79.029	20.971	12-40
7	0.15	412.6	13.818	92.847	7.153	0-10
8	pan	213.6	7.153	100.000	0.000	0
	Jumlah	2986	100.000	329.303		

Dari tabel gradasi agregat halus di atas dapat digambarkan grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C – 33 sebagai berikut :



4.1.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar dalam penelitian ini meliputi pengujian keausan / *abrasi*, *specific gravity*, gradasi dan kadar air. Hasil – hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4. dan tabel 4.5. Sedangkan data – data pengujian terdapat pada lampiran A.

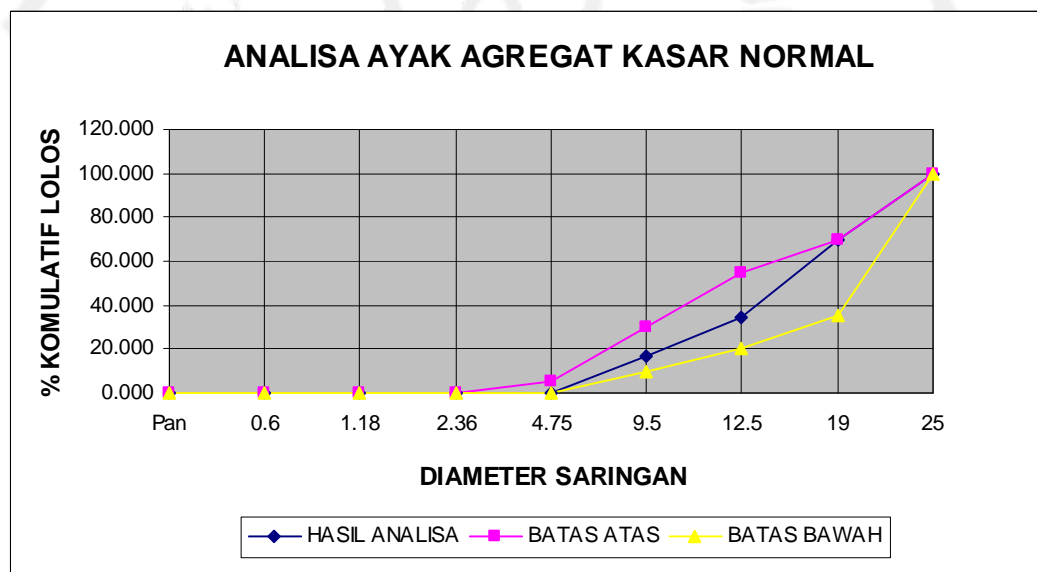
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1.	Bulk Specific gravity SSD	2,77	-	
2.	Absorsi	3,5 %	-	
3.	Kadar air	0,7 %	-	
4.	Abrasi	49,8 %	Maks. 50 %	
5.	Modulus Halus (gradasi menerus) Modulus Halus (gradasi sela)	5,79 6,47	5 - 8	Memenuhi syarat

Tabel. 4.5. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar Normal

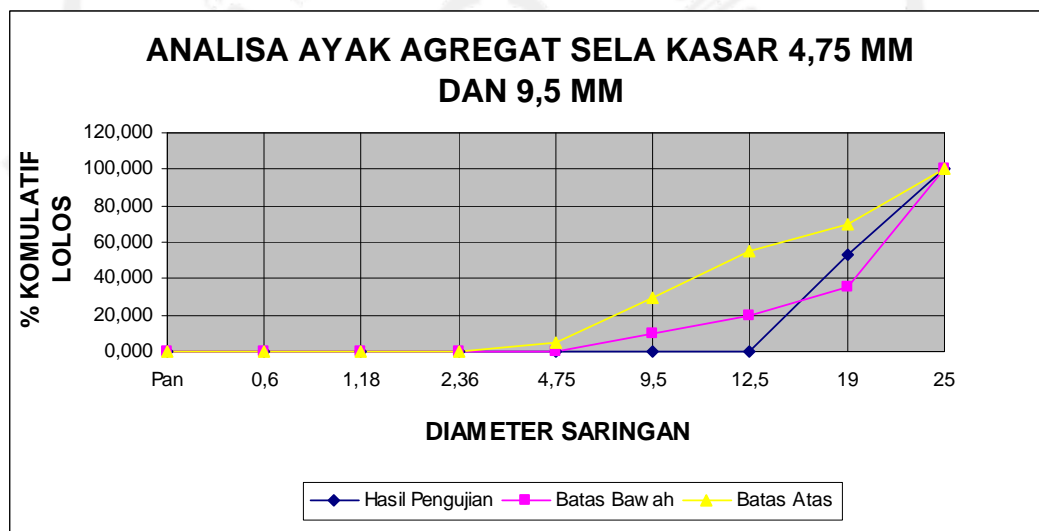
No	Ø(mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif (%)		Syarat ASTM C.33-97 (%)
		gram	%	tertinggal	Lolos	
1	25	0	0,000	0,000	100,000	100
2	19	900	30,020	30,020	69,980	35-70
3	12.5	1078	35,957	65,977	34,023	20-55
4	9.5	525	17,512	83,489	16,511	10-30
5	4.75	495	16,511	100	0	0-5
6	2.36	0	0	100	0	0
7	1.18	0	0	100	0	0
8	0.6	0	0	100	0	0
9	Pan	0	0	100	0	0
	Jumlah	2998	100	679,489		

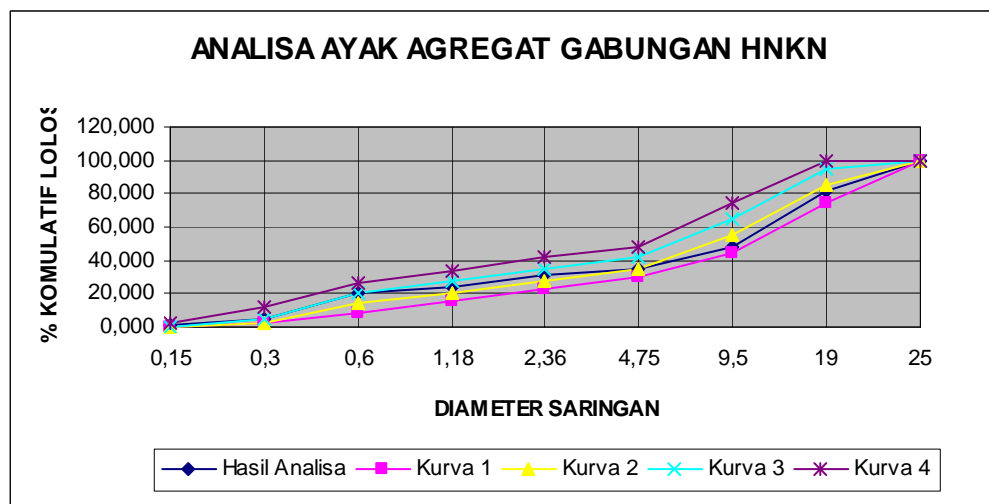
Dari tabel gradasi agregat halus di atas dapat digambarkan grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan oleh ASTM C – 33 sebagai berikut :



Tabel. 4.6. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar Sela

No	Ø(mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif (%)		Syarat ASTM C.33-97 (%)
		gram	%	tertinggal	Lolos	
1	25	0	0.000	0.000	100.000	100
2	19	1410	47.031	47.031	52.969	90-100
3	12.5	1588	52.969	100.000	0.000	75-100
4	9.5	0	0.000	100.000	0.000	55-90
5	4.75	0	0.000	100.000	0.000	35-59
6	2.36	0	0.000	100.000	0.000	8-30
7	1.18	0	0.000	100.000	0.000	0-10
8	0.6	0	0.000	100.000	0.000	0
	Pan	0	0.000	100.000	0.000	0
	Jumlah	2998	100.000	747.031		





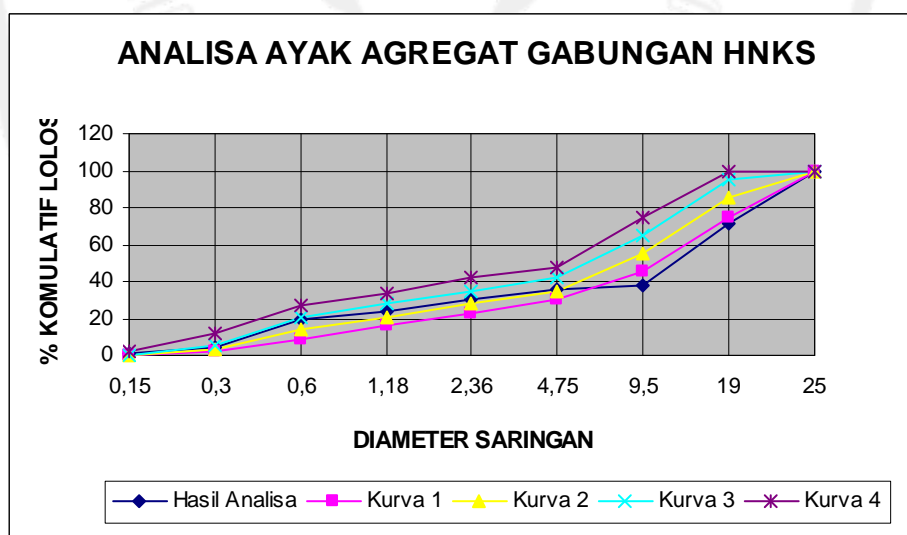
Gambar. 4.5. Grafik gradasi gabungan agregat halus normal dan agregat kasar normal f.a.s 0.35

4. 1. 3. 2. Gradasi gabungan agregat halus normal dan agregat kasar sela f.a.s 0.35 (HNKS)

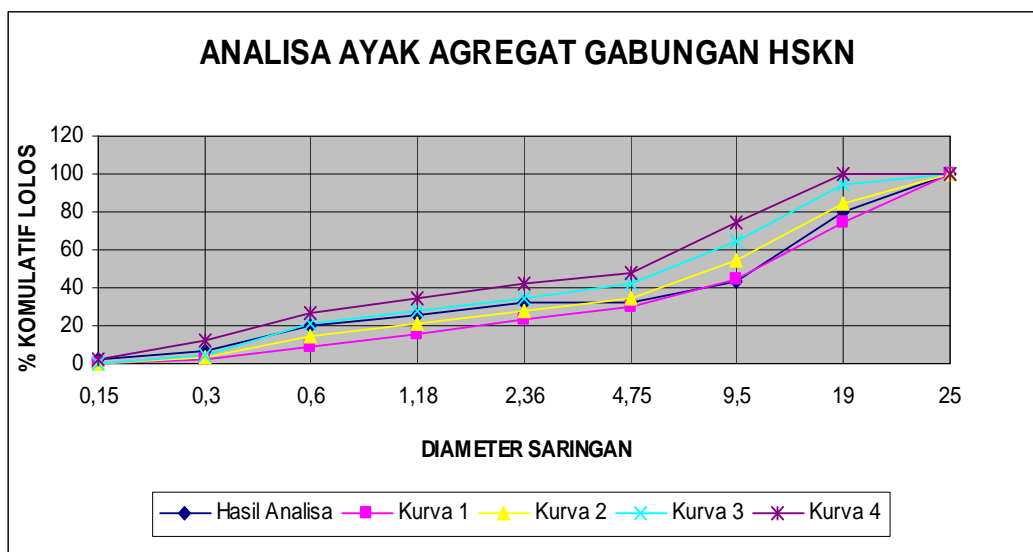
Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan grafik BS.882 diperoleh perbandingan agregat kasar dan agregat halus sebesar 61 % : 39 %, dengan modulus halus butir 6,36 (masuk dalam batas antara 3,5 – 6,5). Untuk lebih jelas cara perhitungan dapat dilihat pada table 4.8, sedangkan gradasi gabungan dapat dilihat pada gambar 4.6.

Tabel. 4. 8. Gradasi gabungan agregat halus normal dan agregat kasar sela f.a.s 0.35

No	Ø(mm)	Persen Lolos		Perb.Campuran		Total	
		Agregat	Pasir	Agregat	Pasir	% Lolos	% Tertahan
1	25	100.000	100.000	61.000	39.000	100.000	0.000
2	19	52.969	100.000	32.311	39.000	71.311	28.689
3	12,5	0.000	100.000	0.000	39.000	39.000	61.000
4	9,5	0.000	98.024	0.000	38.229	38.229	61.771
5	4,75	0.000	90.489	0.000	35.291	35.291	64.709
6	2,36	0.000	78.634	0.000	30.667	30.667	69.333
7	1,18	0.000	61.587	0.000	24.019	24.019	75.981
8	0,6	0.000	51.072	0.000	19.918	19.918	80.082
9	0,3	0.000	12.425	0.000	4.846	4.846	95.154
10	0,15	0.000	2.880	0.000	1.123	1.123	98.877
11	Pan	0	0.000	0.000	0.000	0.000	
Jumlah							635.596



Gambar. 4.6. Grafik gradasi gabungan agregat halus normal dan agregat kasar sela f.a.s 0.35



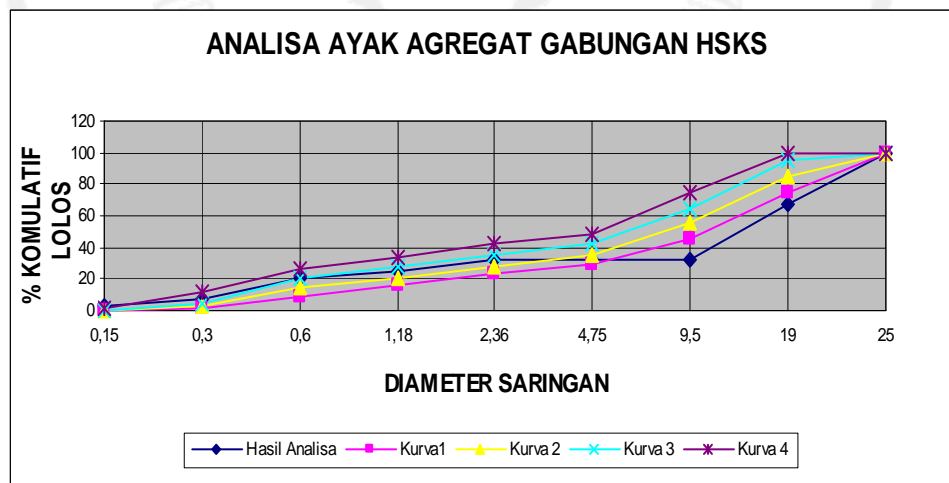
Gambar. 4.7. Grafik gradasi gabungan agregat halus sela dan agregat kasar normal f.a.s 0.35

4. 1. 3. 4. Gradasi gabungan agregat halus sela dan agregat kasar sela f.a.s 0.35 (HSKS)

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan grafik BS.882 diperoleh perbandingan agregat kasar dan agregat halus sebesar 68 % : 32 %, dengan modulus halus butir 6,49 (masuk dalam batas antara 3,5 – 6,5). Untuk lebih jelas cara perhitungan dapat dilihat pada table 4.10, sedangkan gradasi gabungan dapat dilihat pada gambar 4.8.

Tabel. 4. 10. Gradasi gabungan agregat halus sela dan agregat kasar sela f.a.s 0.35

No	Ø(mm)	Persen Lolos		Perb.Campuran		Total	
		Agregat	Pasir	Agregat	Pasir	% Lolos	% Tertahan
1	25	100.000	100.000	68.000	32.000	100.000	0.000
2	19	52.969	100.000	36.019	32.000	68.019	31.981
3	12,5	0.000	100.000	0.000	32.000	32.000	68.000
4	9,5	0.000	100.000	0.000	32.000	32.000	68.000
5	4,75	0.000	100.000	0.000	32.000	32.000	68.000
6	2,36	0.000	100.000	0.000	32.000	32.000	68.000
7	1,18	0.000	78.681	0.000	25.178	25.178	74.822
8	0,6	0.000	63.891	0.000	20.445	20.445	79.555
9	0,3	0.000	20.971	0.000	6.711	6.711	93.289
10	0,15	0.000	7.153	0.000	2.289	2.289	97.711
11	Pan	0	0.000	0.000	0.000	0.000	
Jumlah							649.358



Gambar. 4.8. Grafik gradasi gabungan agregat halus sela dan agregat kasar sela f.a.s 0.35

4. 2. Hasil Hitungan Rencana Campuran Beton dan Pemeriksaan

Slump

Dari hasil rancang adukan beton berdasarkan pada Design of Normal Concrete seperti terlihat pada lampiran B dihasilkan kebutuhan bahan dalam tiap adukan untuk 4 benda uji silinder \varnothing 7,5 cm tinggi 15 cm (0,00265 m³) seperti pada tabel 4. 11 dan nilai slump yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4. 12.

Tabel 4.11 Kebutuhan Bahan Tiap Adukan

BENDA UJI	KADAR CONPLAST P211	KEBUTUHAN BAHAN TIAP BENDA ADUKAN				
		SEMEN (Kg)	PASIR (Kg)	BATU PECAH (Kg)	AIR (lt)	CONPLAST P211 (ml)
HNKN	0	1,478	1,302	1,904	0,404	0
HNKS	0	1,478	1,302	1,904	0,404	0
HSKN	0	1,478	1,074	2,134	0,416	0
HSKS	0	1,478	1,074	2,134	0,416	0
HNKS	0,2	1,478	1,302	1,904	0,404	0,029
HSKN	0,2	1,478	1,074	2,134	0,416	0,029
HSKS	0,2	1,478	1,074	2,134	0,416	0,029
HNKS	0,4	1,478	1,302	1,904	0,404	0,059
HSKN	0,4	1,478	1,074	2,134	0,416	0,059
HSKS	0,4	1,478	1,074	2,134	0,416	0,059
HNKS	0,6	1,478	1,302	1,904	0,404	0,088
HSKN	0,6	1,478	1,074	2,134	0,416	0,088
HSKS	0,6	1,478	1,074	2,134	0,416	0,088

Pemeriksaan nilai slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan. Hasil pemeriksaan nilai slump terdapat pada table 4.12.

Tabel 4.12 Nilai Slump

BENDA UJI	KADAR CONPLAST P211	% BUTIR HALUS	MHB	f.a.s	SLUMP DIRENCANAKAN	SLUMP (mm)
					(mm)	
HNKN	0	39	5,94	0,35	60-120	65
HNKS	0	39	6,36	0,35	60-120	70
HSKN	0	32	6,03	0,35	60-120	80
HSKS	0	32	6,49	0,35	60-120	80
HNKS	0,2	39	6,36	0,35	60-120	85
HSKN	0,2	32	6,03	0,35	60-120	100
HSKS	0,2	32	6,49	0,35	60-120	100
HNKS	0,4	39	6,36	0,35	60-120	100
HSKN	0,4	32	6,03	0,35	60-120	120
HSKS	0,4	32	6,49	0,35	60-120	120
HNKS	0,6	39	6,36	0,35	60-120	130
HSKN	0,6	32	6,03	0,35	60-120	160
HSKS	0,6	32	6,49	0,35	60-120	160

Pengujian slump ini erat kaitannya dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Semakin tinggi nilai slump suatu adukan beton berarti semakin tinggi tingkat kemudahan pekerjaannya.

Gabungan gradasi pasir normal dan batu pecah normal dengan fas 0,35 mempunyai nilai *slump* 65 mm, dilihat dari nilai *slump* yang kecil maka gabungan gradasi pasir normal dan batu pecah normal dengan fas 0,35 dalam *workability*nya mengalami sedikit kesulitan atau *workability* kurang baik

Gabungan gradasi sela tanpa bahan tambah pada gabungan HNKS mempunyai nilai slump 70 mm, pada gabungan HSKN mempunyai nilai slump 80 mm, pada gabungan HSKS mempunyai nilai slump 80 mm. dengan adanya peningkatan hal ini dipengaruhi oleh faktor gabungan agregat, pada saat agregat halus yang disela proses pengerjaannya akan mengalami kemudahan sehingga nilai slumpnya akan naik sedangkan bila kasarnya yang disela maka komposisi agregat kasar yang

digunakan berdiameter besar sehingga dalam proses pengerjaan mengalami kesulitan sehingga nilai slumpnya rendah

Gabungan gradasi pasir normal dan batu pecah sela pada kadar *Conplast* P211 0,2 mempunyai nilai *slump* 85 mm, pada kadar *Conplast* P211 0,4 nilai *slump* nya 100 mm dan pada kadar *Conplast* P211 0,6 nilai *slump* nya 130 mm. Dengan adanya peningkatan kadar *Conplast* P211 nilai *slump* juga mengalami kenaikan dikarenakan fungsi dari *Conplast* P211 adalah menaikkan nilai *slump* sehingga semakin besar kadar *Conplast* P211 maka semakin mudah dalam pengerjaannya.

Gabungan gradasi pasir sela dan batu pecah normal seperti yang terlihat pada table 4.12 yang mempunyai nilai slump 100 mm pada kadar *Conplast* P211 0,2 , pada kadar *Conplast* P211 0,4 mempunyai nilai slump 120 mm dan 160 mm pada kadar *Conplast* P211 0,6. Dengan nilai slump tersebut berarti sesuai dengan pendapat Gambhir, 1986 bahwa berkurangnya agregat halus pada gradasi sela akan meningkatkan *Workability*. Hal ini terjadi karena pasir yang digunakan lebih sedikit dibandingkan penggunaan pasir normal dan juga mendapat pengaruh dari *Conplast* P211 sehingga nilai slump tinggi.

Gabungan gradasi pasir sela dan batu pecah sela mempunyai nilai slump 100 mm pada kadar *Conplast* P211 0,2 , pada kadar *Conplast* P211 0,4 mempunyai nilai slump 120 mm dan 160 mm pada kadar *Conplast* P211 0,6. Dari hasil nilai slump tersebut berarti terjadi peningkatan kadar *Conplast* P211 diikuti dengan peningkatan nilai slump pula. Selain pengaruh dari *Conplast* P211 yang semakin besar kadar *Conplast* P211 maka semakin tinggi nilai slumpnya tapi juga dapat dipengaruhi dari berkurangnya agregat halus yang digunakan juga akan dapat meningkatkan *Workability*nya. Hal ini terjadi karena indek luas permukaan lebih kecil sehingga diperlukan air yang lebih sedikit untuk menyelimuti butiran agregat.

4.3 Hasil Pengujian Permeabilitas dan Penetrasi air

Pengujian permeabilitas dan penetrasi air dilakukan seperti yang telah disebutkan dalam Bab 3, yaitu meliputi pengujian ketebalan/kedalaman penetrasi air dan pengujian terhadap koefisien permeabilitas air pada beton. Tinjauan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar koefisien permeabilitas dan penetrasi air terhadap beton bergradasi sela + *Conplast P211*, kemudian dibandingkan dengan koefisien permeabilitas dan penetrasi air terhadap beton normal.

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut : setelah benda uji diberi tekanan sebesar 1 kg/cm^2 selama 48 jam, 3 kg/cm^2 selama 24 jam, 7 kg/cm^2 selama 24 jam, kemudian benda uji tersebut diberi selang yang telah diisi air dan dicatat penurunan yang terjadi selama 1 jam. Setelah itu benda uji dibelah dan dicatat ketebalan penetrasi serta diameter sebaran air yang ada. Hasil pengamatan yang dilakukan di atas disajikan dalam tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil Pengamatan Penetrasi Air

No	Benda Uji	Air dalam Selang Selama 1 Jam (cm)		Selisih (cm)	Ketebalan Penetrasi (cm)	Diameter Resapan (cm)	Rata-Rata Ketebalan Penetrasi (cm)
		Awal	Akhir				
1	HNKN - a	70	70	0	1,5	4	1,675
2	HNKN - b	70	69,8	0,2	1,7	3,5	
3	HNKN - c	70	69,9	0,1	1,5	3,5	
4	HNKN - d	70	69,7	0,3	2	3	
1	HNKS - 0a	70	69,8	0,2	1,5	3	1,500
2	HNKS - 0b	70	70	0	1,5	3	
3	HNKS - 0c	70	69,8	0,2	1,6	2,5	
4	HNKS - 0d	70	70	0	1,4	2	
1	HSKN - 0a	70	69,9	0,1	1,2	4	1,600
2	HSKN - 0b	70	70	0	1,5	4	
3	HSKN - 0c	70	69,8	0,2	2	3	
4	HSKN - 0d	70	70	0	1,7	3,5	
1	HSKS - 0a	70	69,8	0,2	1,6	4	1,475
2	HSKS - 0b	70	69,8	0,2	1,4	3,5	
3	HSKS - 0c	70	69,8	0,2	1,3	4	
4	HSKS - 0d	70	69,9	0,1	1,6	4	
1	HNKS - 0,2a	70	69,8	0,2	1,5	3,5	1,425

2	HNKS - 0,2b	70	69,8	0,2	1,4	3	
3	HNKS - 0,2c	70	69,7	0,3	1,5	3,5	
4	HNKS - 0,2d	70	69,8	0,2	1,3	3,5	
1	HSKN - 0,2a	70	69,8	0,2	1,3	3,5	1,250
2	HSKN - 0,2b	70	69,8	0,2	1	4	
3	HSKN - 0,2c	70	69,9	0,1	1,5	3,5	
4	HSKN - 0,2d	70	69,8	0,2	1,2	3	
1	HSKS - 0,2a	70	69,8	0,2	1,3	3,5	1,450
2	HSKS - 0,2b	70	70	0	1,5	4	
3	HSKS - 0,2c	70	69,8	0,2	1,7	3	
4	HSKS - 0,2d	70	69,9	0,1	1,3	4	
1	HNKS - 0,4a	70	69,8	0,2	1,7	4	1,500
2	HNKS - 0,4b	70	69,7	0,3	1,4	4	
3	HNKS - 0,4c	70	69,9	0,1	1,5	4	
4	HNKS - 0,4d	70	69,9	0,1	1,4	3,5	
1	HSKN - 0,4a	70	70	0	1,7	3	1,500
2	HSKN - 0,4b	70	69,5	0,5	1,4	3,5	
3	HSKN - 0,4c	70	69,8	0,2	1,5	3,5	
4	HSKN - 0,4d	70	69,9	0,1	1,4	4	
1	HSKS - 0,4a	70	69,8	0,2	1,2	4	1,425
2	HSKS - 0,4b	70	70	0	1,3	3,5	
3	HSKS - 0,4c	70	69,9	0,1	1,5	3	
4	HSKS - 0,4d	70	69,9	0,1	1,7	3	
1	HNKS - 0,6a	70	70	0	1,3	3,5	1,250
2	HNKS - 0,6b	70	69,9	0,1	1	4	
3	HNKS - 0,6c	70	69,9	0,1	1,5	3	
4	HNKS - 0,6d	70	69,8	0,2	1,2	4	
1	HSKN - 0,6a	70	69,8	0,2	0,9	2,5	1,050
2	HSKN - 0,6b	70	69,9	0,1	1,2	3	
3	HSKN - 0,6c	70	69,8	0,2	1,1	3	
4	HSKN - 0,6d	70	69,9	0,1	1	3	
1	HSKS - 0,6a	70	69,9	0,1	0,7	3	0,775
2	HSKS - 0,6b	70	69,9	0,1	0,8	4	
3	HSKS - 0,6c	70	69,8	0,2	0,9	3,5	
4	HSKS - 0,6d	70	69,9	0,1	0,7	3	

Dari data di atas, kemudian dihitung besarnya koefisien permeabilitas (k), dengan menggunakan hukum Darcy sebagai berikut :

$$(1/A) (dQ/dt) = k (\Delta h/L)$$

dengan :

dQ/dt : kecepatan aliran air (cm^3/dt)

dQ : Luasan selang air x turunnya air selama 1 jam (cm^3)

dt : 3600 (dt)

Φ selang : 0,8 cm

A : luas penampang sebaran air pada beton (cm^2)

Δh : tinggi air jatuh sebelum 1 jam (cm)

L : ketebalan penetrasi beton (cm)

k : koefisien permeabilitas (cm/dt)

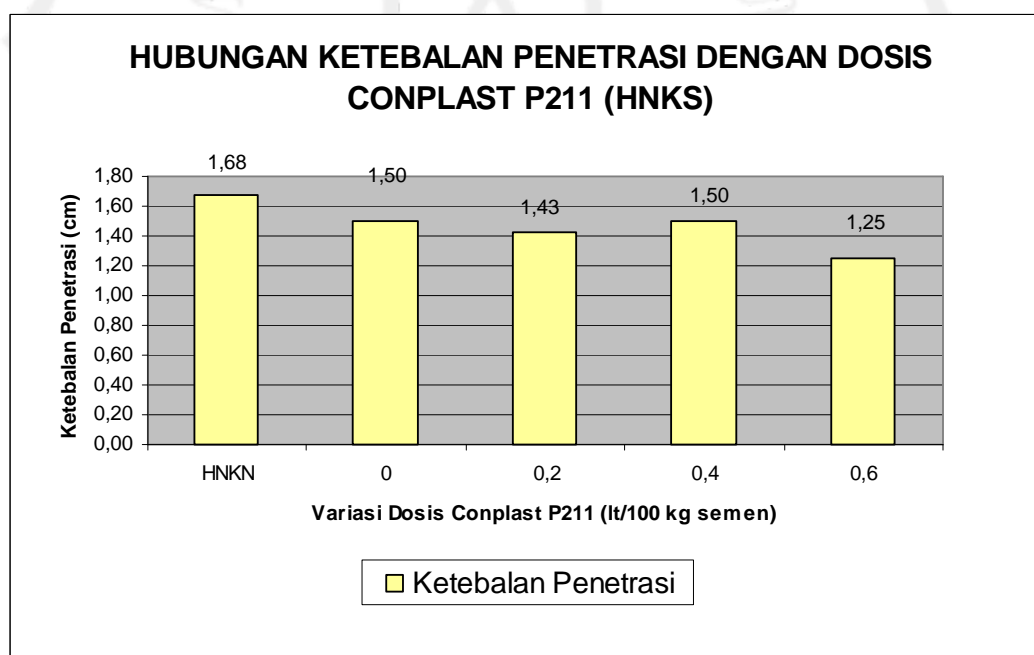
Adapun data hasil perhitungan koefisien permeabilitas air tersebut disajikan dalam tabel 4.14 sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Koefisien Permeabilitas Air Tawar pada Beton

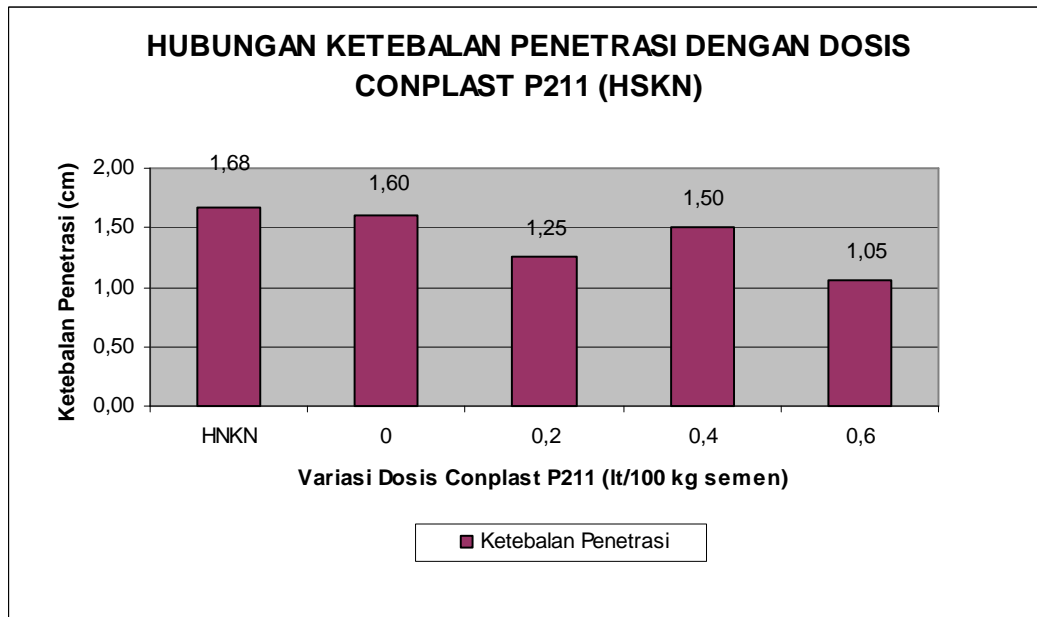
No	Benda Uji	Air dalam Selang Selama 1 Jam (cm)		Selisih (cm)	dQ (cm ³ /dt)	A (cm ²)	k (cm/dt)	Rata-Rata Ketebalan Penetrasi (cm)	Rata-Rata k (cm/dt)
		Awal	Akhir						
1	HNKN - a	70	70	0	0,000	12,560	0		
2	HNKN - b	70	69,8	0,2	0,100	9,616	7,049E-08	1,675	6,772E-08
3	HNKN - b	70	69,9	0,1	0,050	9,616	3,110E-08		
4	HNKN - c	70	69,7	0,3	0,151	7,065	1,693E-07		
1	HNKS - 0a	70	69,8	0,3	0,151	7,065	1,270E-07	1,500	6,425E-08
2	HNKS - 0b	70	70	0	0,000	7,065	0,000E+00		
3	HNKS - 0c	70	69,8	0,2	0,100	4,906	1,300E-07		
4	HNKS - 0d	70	70	0	0,000	3,140	0,000E+00		
1	HSKN - 0a	70	69,9	0,1	0,050	12,560	1,905E-08	1,6	3,298E-08
2	HSKN - 0b	70	70	0	0,000	12,560	0,000E+00		
3	HSKN - 0c	70	69,8	0,2	0,100	7,065	1,129E-07		
4	HSKN - 0d	70	70	0	0,000	9,616	0,000E+00		
1	HSKS - 0a	70	69,8	0,2	0,100	12,560	5,079E-08	1,475	4,388E-08
2	HSKS - 0b	70	69,8	0,2	0,100	9,616	5,805E-08		
3	HSKS - 0c	70	69,8	0,2	0,100	12,560	4,127E-08		
4	HSKS - 0d	70	69,9	0,1	0,050	12,560	2,540E-08		
1	HNKS - 0,2a	70	69,8	0,2	0,100	9,616	6,220E-08	1,425	7,21E-08
2	HNKS - 0,2b	70	69,8	0,2	0,100	7,065	7,901E-08		
3	HNKS - 0,2c	70	69,7	0,3	0,151	9,616	9,329E-08		
4	HNKS - 0,2d	70	69,8	0,2	0,100	9,616	5,390E-08		
1	HSKN - 0,2a	70	69,8	0,2	0,100	9,616	5,390E-08	1,25	4,612E-08
2	HSKN - 0,2b	70	69,8	0,2	0,100	12,560	3,175E-08		
3	HSKN - 0,2c	70	69,9	0,1	0,050	9,616	3,110E-08		
4	HSKN - 0,2d	70	69,8	0,2	0,100	7,065	6,772E-08		
1	HSKS - 0,2a	70	69,8	0,2	0,100	9,616	5,390E-08	1,45	4,262E-08
2	HSKS - 0,2b	70	70	0	0,000	12,560	0,000E+00		
3	HSKS - 0,2c	70	69,8	0,2	0,100	7,065	9,594E-08		
4	HSKS - 0,2d	70	69,9	0,1	0,050	12,560	2,063E-08		
1	HNKS - 0,4a	70	69,8	0,2	0,100	12,560	5,397E-08	1,5	4,337E-08
2	HNKS - 0,4b	70	69,7	0,3	0,151	12,560	6,667E-08		
3	HNKS - 0,4c	70	69,9	0,1	0,050	12,560	2,381E-08		
4	HNKS - 0,4d	70	69,9	0,1	0,050	9,616	2,902E-08		
1	HSKN - 0,4a	70	70	0	0,000	7,065	0,000E+00	1,5	5,739E-08
2	HSKN - 0,4b	70	69,5	0,5	0,251	9,616	1,451E-07		
3	HSKN - 0,4c	70	69,8	0,2	0,100	9,616	6,220E-08		
4	HSKN - 0,4d	70	69,9	0,1	0,050	12,560	2,222E-08		
1	HSKS - 0,4a	70	69,8	0,2	0,100	12,560	3,810E-08	1,425	3,21E-08

2	HSKS - 0,4b	70	70	0	0,000	9,616	0,000E+00		
3	HSKS - 0,4c	70	69,9	0,1	0,050	7,065	4,233E-08		
4	HSKS - 0,4d	70	69,9	0,1	0,050	7,065	4,797E-08		
1	HNKS - 0,6a	70	70	0	0,000	9,616	0,000E+00		
2	HNKS - 0,6b	70	69,9	0,1	0,050	12,560	1,587E-08	1,25	2,407E-08
3	HNKS - 0,6c	70	69,9	0,1	0,050	7,065	4,233E-08		
4	HNKS - 0,6d	70	69,8	0,2	0,100	12,560	3,810E-08		
1	HSKN - 0,6a	70	69,8	0,2	0,100	4,906	7,314E-08		
2	HSKN - 0,6b	70	69,9	0,1	0,050	7,065	3,386E-08	1,05	4,933E-08
3	HSKN - 0,6c	70	69,8	0,2	0,100	7,065	6,208E-08		
4	HSKN - 0,6d	70	69,9	0,1	0,050	7,065	2,822E-08		
1	HSKS - 0,6a	70	69,9	0,1	0,050	7,065	1,975E-08		
2	HSKS - 0,6b	70	69,9	0,1	0,050	15,896	1,003E-08	0,775	2,237E-08
3	HSKS - 0,6c	70	69,8	0,2	0,100	9,616	3,732E-08		
4	HSKS - 0,6d	70	69,9	0,1	0,050	7,065	1,975E-08		

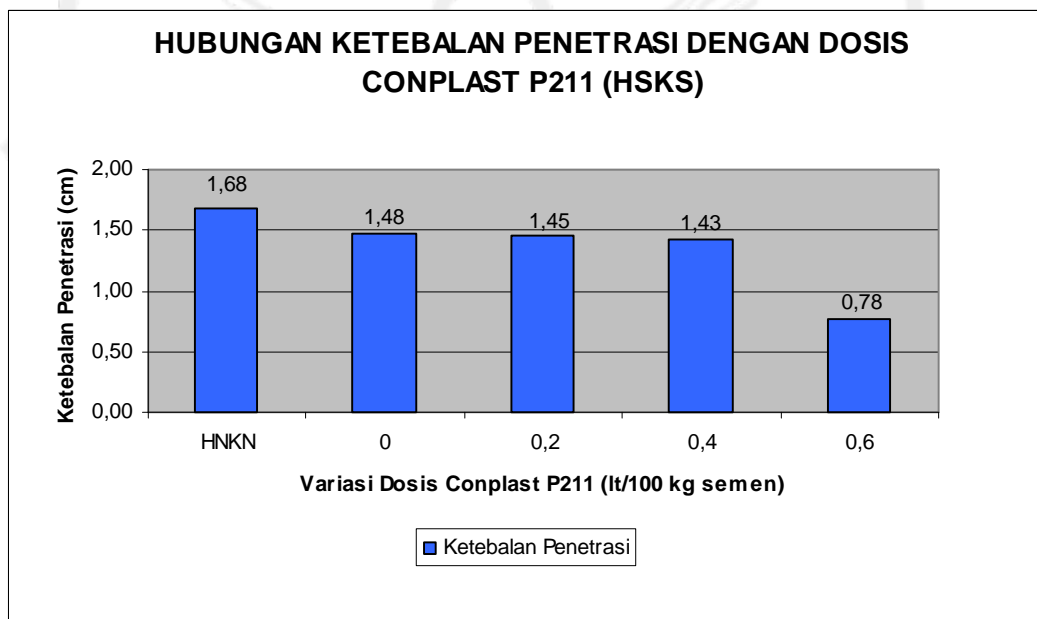
Data- data yang telah telah diperoleh dari hasil pengujian kemudian diplot kedalam grafik hubungan kadar penambahan dari kedua zat aditif tersebut dengan rata-rata ketebalan penetrasi, serta grafik hubungan kadar penambahan dari kedua zat aditif tersebut dengan nilai rata-rata k yang dihasilkan.



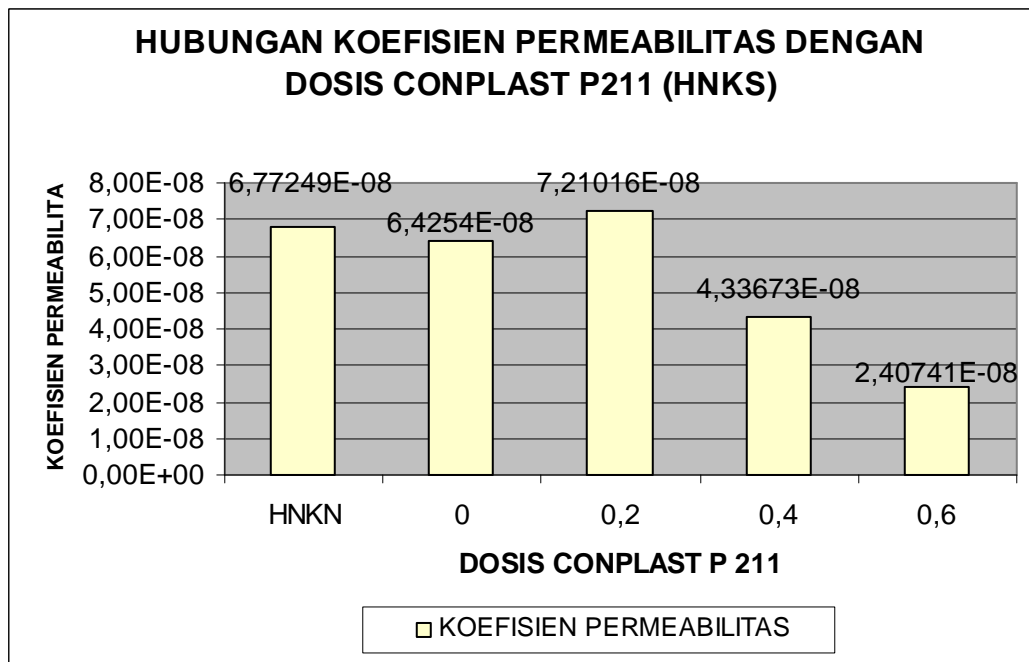
Gambar 4.9 Grafik Hub. Ketebalan Penetrasi dengan Variasi *Conplast P 211* (HNKS)



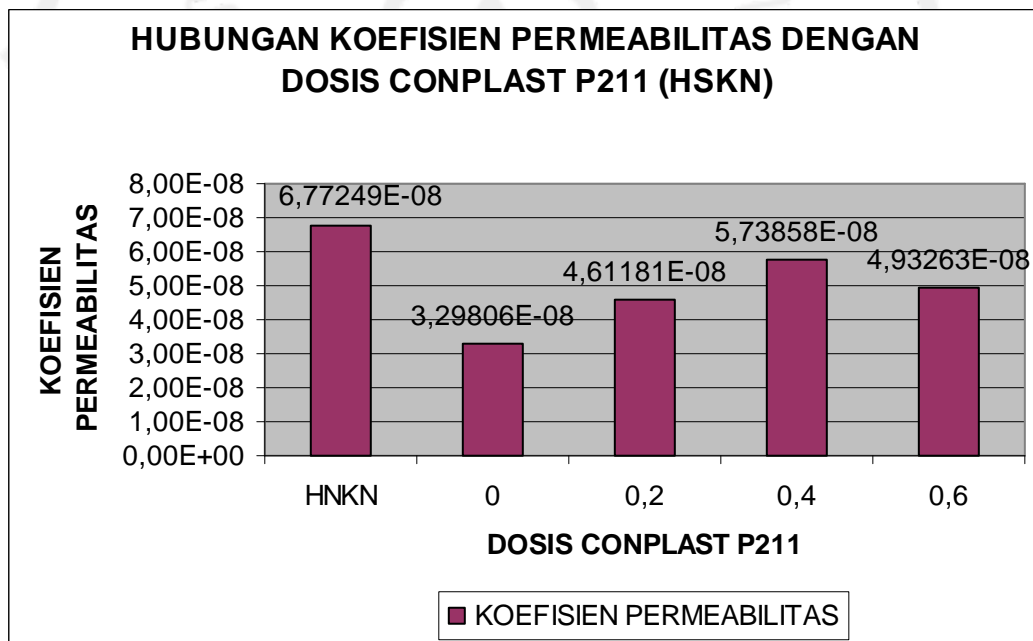
Gambar 4.10 Grafik Hub. Ketebalan Penetrasi dengan Variasi *Conplast P 211* (HSKN)



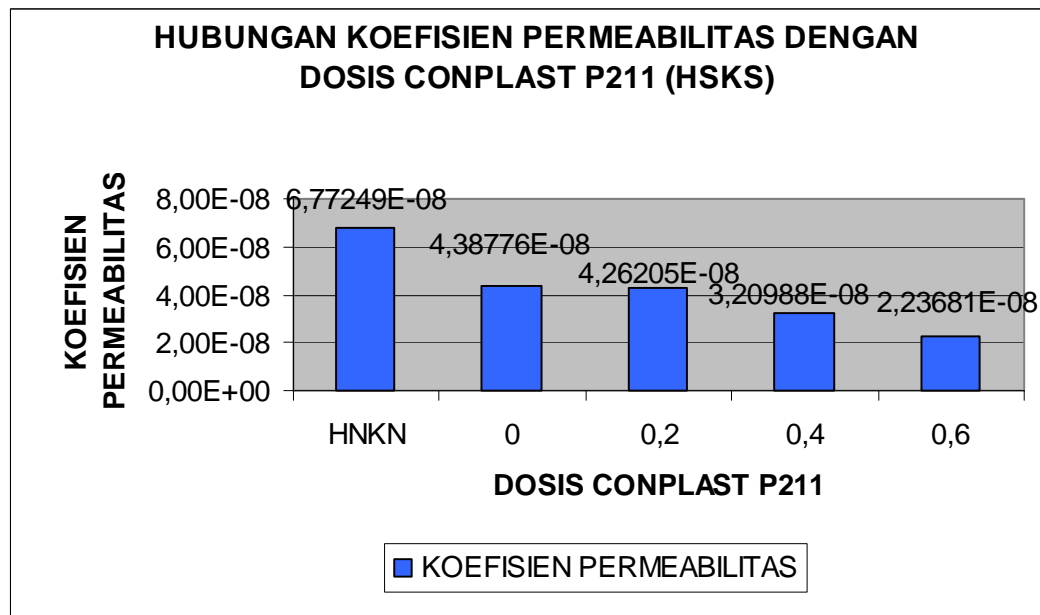
Gambar 4.11 Grafik Hub. Ketebalan Penetrasi dengan Variasi *Conplast P 211* (HSKS)



Gambar 4.12 Grafik Hub. Koefisien Permeabilitas dengan Variasi
Conplast P 211 (HNKS)



Gambar 4.13 Grafik Hub. Koefisien Permeabilitas dengan Variasi
Conplast P 211 (HSKN)



Gambar 4.14 Grafik Hub. Koefisien Permeabilitas dengan Variasi
Conplast P 211 (HSKS)

4.4 Analisa terhadap Pengujian Penetrasi dan Permeabilitas Air Tawar

4.4.1 Analisa Ketebalan Penetrasi

Berdasarkan SK SNI S- 36-1990-03, yang dimaksud dengan beton kedap air adalah beton yang tidak ditembus 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 :

- Agresif sedang : 50 mm
- Agresif kuat : 40 mm

Beton + *Conplast* P211 dengan variasi dosis 0,2 l/100kg semen pada masing-masing campuran HNKS, HSKN, HSKS mempunyai rata-rata ketebalan penetrasi air ke dalam beton adalah sebesar 1,43 cm; 1,25 cm; 1,45 cm; sedangkan untuk dosis 0,4 l/100kg semen pada campuran HNKS sebesar 1,50 cm HSKN sebesar 1,50 cm dan HSKS sebesar 1,43 cm; dan untuk dosis 0,6 l/100kg semen mempunyai rata-rata ketebalan penetrasi air ke dalam beton pada masing masing campuran HNKS, HSKN, HSKS adalah sebesar 1,25 cm; 1,05 cm; 0,78 cm. Sedangkan beton normal mempunyai rata2 ketebalan penetrasi air ke dalam beton

1,68 cm. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa beton + *Conplast P 211* dan beton normal memenuhi syarat yang ada sebagai beton kedap air, karena tembusnya air tidak melampaui batas yang telah disyaratkan.

Penambahan zat aditif *Conplast P 211* pada beton bergradasi sela hasilnya baik, hal ini dapat diketahui pada gambar 4.9, 4.10 dan gambar 4.11 bahwa nilai ketebalan penetrasi untuk beton sela + *Conplast P 211* lebih rendah dari beton normal dan ketebalan penetrasi yang minimum terletak pada dosis 0,6 l/100 kg semen pada campuran HSKS dengan nilai ketebalan penetrasinya adalah 0,78 cm.

4.4.2 Analisa Koefisien Permeabilitas

Dari grafik hubungan koefisien permeabilitas dengan grafik hubungan koefisien permeabilitas dengan variasi *Conplast P 211* didapat rata-rata nilai permeabilitas sebagai berikut :

Tabel 4.15. Rata-rata Nilai k

Benda Uji	Variasi Dosis l/100 kg semen	Rata-Rata k (cm/dt)
HNKN		6,772E-08
HNKS - 0 HSKN - 0 HSKS - 0	0	6,425E-08 3,298E-08 4,388E-08
HNKS - 0,2 HSKN - 0,2 HSKS - 0,2	0,2	7,210E-08 4,612E-08 4,262E-08
HNKS - 0,4 HSKN - 0,4 HSKS - 0,4	0,4	4,337E-08 5,739E-08 3,210E-08
HNKS - 0,6 HSKN - 0,6 HSKS - 0,6	0,6	2,407E-08 4,933E-08 2,171E-08

4.5 Pembahasan

Penambahan zat aditif *Conplast P 211* mengakibatkan nilai koefisien permeabilitas semakin kecil, berarti dengan penambahan zat aditif ini kedap beton semakin baik karena semakin kecil nilai koefisien permeabilitasnya, berarti beton semakin kedap terhadap air.

Dari gambar 4.12, 4.13 dan 4.14 dapat diketahui bahwa variasi dosis yang mempunyai nilai koefisien permeabilitas paling minimum variasi dosis yang paling minimum untuk *Conplast P 211* terletak pada dosis 0,6 l/100 kg semen terdapat pada campuran HSKS dengan nilai koefisien permeabilitasnya $2,171.10^{-8}$ cm/dt.

Sesuai dengan hasil perhitungan dan analisa diatas dapat diketahui bahwa beton dengan penambahan *Conplast P 211* memenuhi syarat sebagai beton kedap air., apabila dibandingkan dengan beton normal nilai ketebalan penetrasi dan koefisien permeabilitasnya lebih kecil.

A. BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisa data dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketebalan penetrasi air dari beton normal yaitu sebesar 1,675 cm dan nilai koefisien permeabilitas beton normal yaitu sebesar $6,772E-08$ cm/dt.
2. Ketebalan penetrasi minimum untuk beton dengan bahan tambah *Conplast P211* terletak campuran HSKS pada dosis 0,6 lt/100 kg semen yaitu sebesar 0,775 cm.
3. Nilai koefisien permeabilitas minimum untuk beton dengan bahan tambah *Conplast P211* terletak campuran HSKS pada dosis 0,6 lt/100 kg semen yaitu sebesar $2,237E-08$ cm/dt.
4. Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa beton sela HSKS + *Conplast P 211* menghasilkan nilai ketebalan penetrasi dan koefisien permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan campuran yang lain.

5.2 Saran

Untuk lebih mengembangkan wawasan dan pengetahuan lebih lanjut tentang beton kedap air dengan sistem integral perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengembangkan tema maupun metode, guna melengkapi penelitian yang sudah ada. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan *Conplast P 211* dengan berbagai variasi nilai f.a.s.
2. Penelitian lebih lanjut tentang reaksi kimia yang terkandung dalam bahan tambah sehingga akan melengkapi penelitian yang telah dilakukan.
3. Memperbanyak sample yang akan dipergunakan. Hal ini untuk menghindari apabila ada kesalahan atau kurang validnya data yang diambil.



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271)

634524

B. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR

Pengujian : Kandungan lumpur

Tanggal : 26 April 2005

Standar : ASTM C – 117

Alat dan Bahan : 1. Gelas ukur 250 cc

2. Oven listrik

3. Neraca halus

4. Cawan

5. Air bersih

6. Pasir kering oven

Hasil pengujian :

- Berat pasir sebelum dicuci (kering oven) A = 100 gr
- Berat pasir sesudah dicuci (kering oven) B = 95,65 gr

Syarat :

Kandungan lumpur agregat halus tidak boleh lebih dari 5 % (PBI 1971 pasal 3.3 ayat 3)

Analisa :

$$\text{Kandungan lumpurnya} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{100 - 95,65}{100} \times 100\% = 4,35\%$$

Dari hasil pengamatan diketahui kandungan lumpur pasir sebesar 4.35 %, sehingga pasir layak bila akan digunakan sebagai bahan campuran beton.



**LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Kentingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

C. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR

Pengujian : Kandungan zat organik

Tanggal : 26 April 2005

Standar : ASTM C – 40

Alat dan Bahan :

1. Gelas ukur 250 cc
2. Larutan NaOH 3%
3. Pasir kering oven

Hasil pengujian :

Setelah didiamkan selama 24 jam, larutan NaOH berwarna jernih.

Syarat :

Agregat halus yang mengandung bahan organik dapat dipakai, asal kekuatan tekan beton pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3 % yang kemudian dicuci dengan air bersih pada umur yang sama atau penurunan kekuatan yang diperbolehkan maksimum 5 % (PBI 1971 pasal 3.3 ayat 4)

Analisa :

Dari hasil pengamatan diketahui larutan NaOH berubah warna menjadi jernih, menurut tabel 3.2. Pengaruh kandungan zat organik terhadap prosentase penurunan kekuatan beton. (Prof. Ir. Rooseno, 1954) penurunan kekuatannya 0 % sehingga pasir tidak perlu dicuci bila akan digunakan sebagai agregat halus.



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

D. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR

Pengujian : Berat jenis dan Daya serap air

Tanggal : 27 maret 2005

Standar : ASTM C – 128

Alat dan Bahan : 1. *Volumetric flash*

2. Oven listrik

3. Neraca halus

4. *Conical mould* dan penumbuk

5. Air bersih

6. Pasir kering oven

Hasil pengujian :

- 1. Berat pasir SSD (d) = 500 gram
- 2. Berat pasir kering oven (a) = 495 gram
- 3. Berat *volumetric flash* + air (b) = 732 gram
- 4. Berat pasir + *volumetric flash* + air (c) = 1033 gram

Analisa :

$$1. \text{ Bulk Specific Gravity} = \frac{a}{b + d - c} = \frac{495}{732 + 500 - 1033} = 2.48$$

$$2. \text{ Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{d}{b + d - c} = \frac{500}{732 + 500 - 1033} = 2.51$$

$$3. \text{ Apparent Specific Gravity} = \frac{a}{b + a - c} = \frac{495}{732 + 495 - 1033} = 2.5515$$

$$4. \text{ Absorbption} = \frac{d - a}{a} \times 100\% = \frac{500 - 495}{495} \times 100\% = 1,01\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

E. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR

Pengujian : Kadar air

Tanggal : 27 maret 2005

Standar : ASTM C – 566

Alat dan Bahan : 1. Oven listrik

2. Cawan

3. Neraca halus

4. Pasir

Hasil pengujian :

- Berat pasir sebelum dicuci (kering oven) A = 100 gr
- Berat pasir sesudah dicuci (kering oven) B = 95,65 gr

Analisa :

$$\text{Kadar Air} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{100 - 95,65}{100} \times 100\% = 4,35\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

F. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS PASIR

Pengujian : Gradasi

Tanggal : 27 April 2005

Standar : ASTM C – 136

Alat dan Bahan : 1. Satu set ayakan

2. Mesin Penggetar

3. Neraca halus

4. Pasir kering oven 3000 gr

Hasil pengujian :

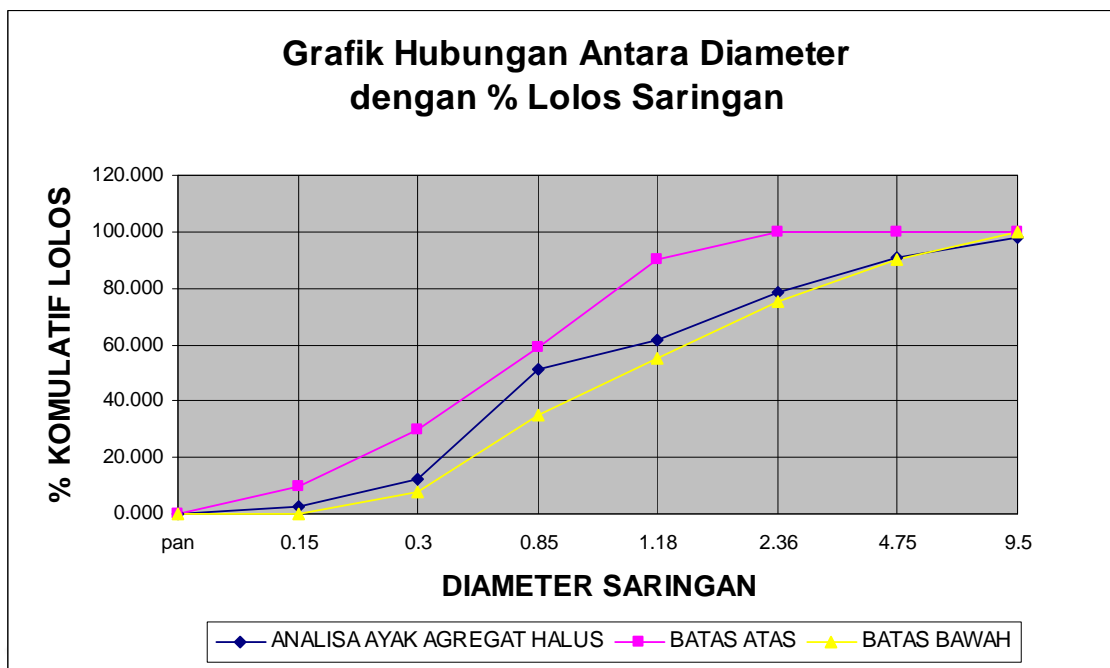
No	Ø(mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif (%)		Syarat ASTM C.33-97 (%)
		Gram	%	Tertinggal	Lolos	
1	9.5	59	1,976	1,976	98,024	100
2	4.75	225	7,535	9,511	90,489	90-100
3	2.36	354	11,855	21,366	78,634	75-100
4	1.18	509	17,046	38,413	61,587	55-90
5	0.85	314	10,516	48,928	51,072	35-59
6	0.30	1154	38,647	87,575	12,425	8-30
7	0.15	285	9,545	97,120	2,880	0-10
8	pan	86	2,880	100,000	0,000	0
	Jumlah	2986	100	404,889		

$$\text{Pasir yang hilang} = \frac{3000 - 2986}{3000} \times 100\% = 0,47\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524



➤ $\frac{2 \text{ persentase berat pasir yang tertahan (D)}}{100} = 100 \%$

➤ Modulus Halus Pasir = $\frac{404,889 - 100}{100} = 3,05$

Syarat :

Modulus halus pasir antara 1,5 – 3,8 (Kardiyono Tjokrodimulyo,1996)

Analisa :

Dari hasil pengamatan, modulus halus pasir 3,05, sehingga memenuhi syarat sebagai agregat halus



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

G. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR BATU PECAH

Pengujian : Berat jenis dan Daya serap air

Tanggal : 28 April 2005

Standar : ASTM C – 127

Alat dan Bahan : 1. Oven listrik

2. Batu pecah

3. Neraca halus

4. Bejana dan kontainer

Hasil pengujian :

- Berat batu pecah kering (a) = 3000 gram
- Berat batu pecah SSD (b) = 3105 gram
- Berat Kontainer dalam air = 423 gram
- Berat agregat dalam kontainer tercelup = 2341 gram
- Berat batu pecah + air (c) = 2341 – 423 = 1918 gr

Analisa :

$$1. \text{ Bulk Specific Gravity} = \frac{a}{b - c} = \frac{3000}{3105 - 1918} = 2.53$$

$$2. \text{ Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{b}{b - c} = \frac{3105}{3105 - 1918} = 2.62$$

$$3. \text{ Apparent Specific Gravity} = \frac{a}{a - c} = \frac{3000}{3000 - 1918} = 2.77$$

$$4. \text{ Absorption} = \frac{b - a}{a} \times 100\% = \frac{3105 - 3000}{3000} \times 100\% = 3.5\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

H. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR BATU PECAH

Pengujian : Kadar air

Tanggal : 28 April 2005

Standar : ASTM C – 556

Alat dan Bahan : 1. Oven listrik

2. Batu pecah

3. Neraca halus

4. Cawan

Hasil pengujian :

➤ Berat batu pecah kondisi asli (A) = 500 gr

➤ Berat batu pecah kondisi kering oven (B) = 496,5 gr

Analisa :

$$\text{Kadar Air} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{500 - 496,5}{500} \times 100\% = 0,7\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

I. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR BATU PECAH

Pengujian : Abrasi

Tanggal : 28 April 2005

Standar : ASTM C – 131

Alat dan Bahan : 1. Mesin Los Angeles dan Bola-bola baja

2. Batu pecah

3. Neraca halus

4. Ayakan 12,5 mm, 9,5mm, 4,75 mm.

Hasil pengujian :

- Pengujian Abrasi kelas B
- Berat batu pecah sebelum diuji (A) = 5000 gr
- Berat batu pecah sesudah diuji (B) = 2510 gr

Syarat :

Kehilangan berat tidak boleh lebih dari 50 % (PBI 1971 pasal 3.4 ayat 5)

Analisa :

$$\text{Keausan batu pecah} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{5000 - 2510}{5000} \times 100\% = 49.8\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh keausan batu pecah 49.8 %, sehingga batu pecah tersebut memenuhi syarat sebagai agregat kasar.



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

J. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR BATU PECAH

Pengujian : Kandungan lumpur

Tanggal : 28 April 2005

Standar : ASTM C – 117

Alat dan Bahan : 1. Gelas ukur 250 cc

2. Oven listrik
3. Neraca halus
4. Cawan
5. Air bersih
6. Batu pecah kering oven

Hasil pengujian :

- Berat batu pecah sebelum dicuci (kering oven) (A) = 500 gr
- Berat batu pecah sesudah diuji (kering oven) (B) = 496,5 gr

Syarat :

Kandungan lumpur agregat halus tidak boleh lebih dari 1 % (PBI 1971 pasal 3.3 ayat 3)

Analisa :

$$\text{Kandungan lumpurnya} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{500 - 496,5}{500} \times 100\% = 0,7\%$$

Dari hasil pengamatan diketahui kandungan lumpur pasir sebesar 0,7 %, sehingga batu pecah tidak perlu dicuci bila akan digunakan sebagai agregat kasar



. LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524

K. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR BATU PECAH

Pengujian : Gradasi

Tanggal : 29 April 2005

Standar : ASTM C – 136

Alat dan Bahan : 1. Satu set ayakan

2. Mesin Penggetar

3. Neraca halus

4. Batu pecah kering oven 3000 gr

Hasil pengujian :

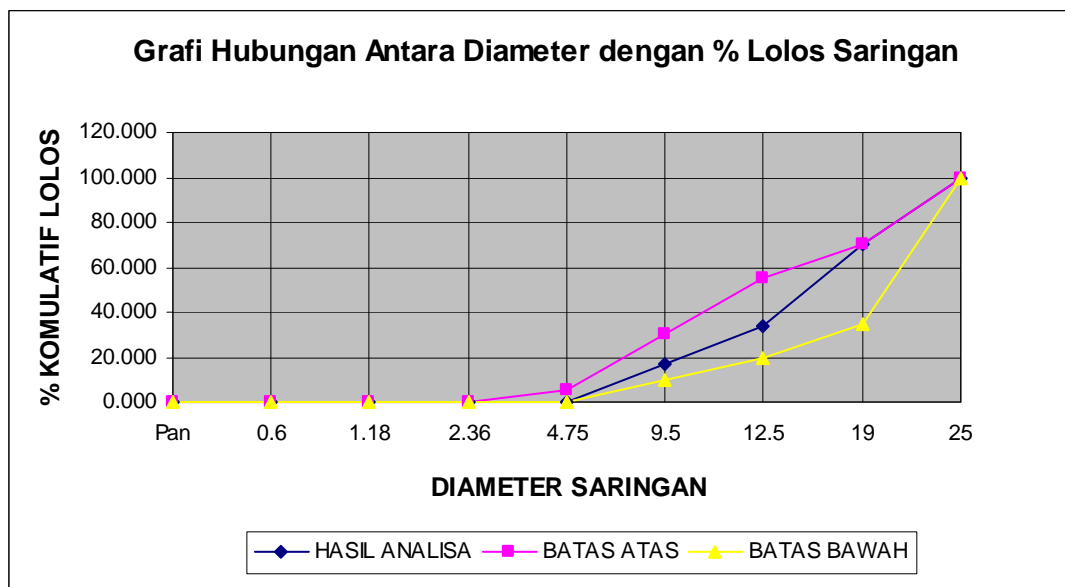
No	Øayakan (mm)	Berat tertinggal		Persen Kumulatif		Syarat ASTM C.33-84
		gram	%	Tetinggal	Lolos	
1	25	0	0,000	0,000	100,000	100
2	19	900	30,020	30,020	69,980	35-70
3	12.5	1078	35,957	65,977	34,023	20-55
4	9.5	525	17,512	83,489	16,511	10-30
5	4.75	495	16,511	100	0	0-5
6	2,36	0	0	100	0	0
7	1,18	0	0	100	0	0
8	0,6	0	0	100	0	0
9	0,3	0	0	100	0	0
10	0,15	0	0	100	0	0
11	Pan	0	0	100	0	0
	Jumlah	2998	100	879,489		

$$\text{Batu pecah yang hilang} = \frac{3000 - 2998}{3000} \times 100\% = 0,067\%$$



LABORATORIUM BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET

Jl. Ir. Sutami No. 36 A Ketingan Surakarta 57126 Telp. / Fax (0271) 634524



➤ Σ prosentase berat batu pecah yang tertahan (B) = 100 %

➤ Modulus Halus Kerikil = $\frac{879,489 - 100}{100} = 7,79$

Syarat :

Modulus halus batu pecah antara 5 – 8 (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996)

Analisa :

Dari hasil pengamatan, modulus halus batu pecah 7,79 sehingga memenuhi syarat sebagai agregat kasar.

Hasil Perhitungan Campuran /Mix Design
(Cara Depertemen Pekerjaan Umum)
f.a.s. = 0,35 (menerus)

1. Kuat tekan beton yang diisyaratkan 28 hari = 25 Mpa
2. Standart deviasi (Sd) = 7 Mpa
3. M = 12 Mpa
4. $f'_{cr} = 25 + 12 = 37$ Mpa
5. Jenis semen = biasa
6. Jenis kerikil = batu pecah
7. Nilai slump (tabel 7.13) = 120 mm
8. Ukuran maksimal kerikil = 20 mm
9. Kebutuhan semen = $\frac{225}{0.35} = 642.86$ kg
10. Golongan pasir = II
11. Persentase pasir terhadap campuran (Gambar 7.10.C) = 39%
12. Berat jenis campuran
 Dari test lab. didapat : Bj agg. Kasar = 2.62 t/m^3
 Bj agg. Halus = 2.51 t/m^3
 Bj campuran = $(39\% \times \text{Bj agg halus}) + (61\% \times \text{Bj agg kasar})$
 = $(39\% \times 2.51) + (61\% \times 2.62) = 2.5771$
13. Berat jenis beton : 2263
14. $W_{\text{pasir+kerikil}} = W_{\text{beton}} - A - S$
 = $2263 - 225 - 642.86$
 = 1395.14
15. $W_{\text{pasir}} = (P/100) \times W_{\text{pasir+kerikil}}$
 = $(39/100) \times 1395.14$
 = 544.105
16. $W_{\text{kerikil}} = W_{\text{pasir+kerikil}} - W_{\text{pasir}}$
 = $1395.14 - 544.105$
 = 851.035

agregat	Kadar air	Daya serap	Keterangan
---------	-----------	------------	------------

Agregat halus	5%	0.95 %	Kekurangan air
Agregat kasar	0.8%	3.51 %	Kelebihan air

$$P_c = 642.86 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 225 - ((4.05\% \times 544.105) + (2.71\% \times 851.035)) \\ &= 179.9 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 544.105 + (4.05\% \times 544.105) = 566.141 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = 851.035 - (2.71\% \times 851.035) = 827.972 \text{ Kg}$$

Rencana Campuran / m³

- Semen Portland : 642.86 kg
- Pasir : 566.141 kg
- Kerikil : 827.972 kg
- Air : 179.9 lt

Volume uji total 4 sampel :

$$\text{Pipa 2,5 Dim} : 4 \times 0.25 \times \pi \times 0.07^2 \times 0.15 = 0.0023 \text{ m}^3$$

Campuran untuk 4 sampel dengan mutu beton rencana $f'_c = 25 \text{ MPa}$

- Pipa 2.5 Dim
 1. semen : 1.478 kg
 2. pasir : 1.302 kg
 3. kerikil : 1.904 kg
 4. air : 0.414 kg

**Hasil Perhitungan Campuran Beton /Mix Design
(Cara Departemen Pekerjaan Umum)**

f.a.s = 0.35 (Sela)

1. Kuat tekan beton yang diisyaratkan 28 hari = 25 Mpa
2. Standart deviasi (Sd) = 7 Mpa
3. M = 12 Mpa
4. $f'_{cr} = 25 + 12 = 37$ Mpa
5. Jenis semen = biasa
6. Jenis kerikil = batu pecah
7. Nilai slump (tabel 7.13) = 120 mm
8. Ukuran maksimal kerikil = 20 mm
9. Kebutuhan semen = $\frac{225}{0.35} = 642.86$ kg
10. Golongan pasir = III
11. Persentase pasir terhadap campuran (Gambar 7.10.C) = 32%
12. Berat jenis campuran
Dari test lab. didapat : Bj agg. Kasar = 2.62 t/m^3
Bj agg. Halus = 2.51 t/m^3
Bj campuran = $(32\% \times \text{Bj agg halus}) + (68\% \times \text{Bj agg kasar})$
 $= (32\% \times 2.51) + (68\% \times 2.62) = 2.5848$
13. Berat jenis beton : 2270
14. $W_{\text{pasir+kerikil}} = W_{\text{beton}} - A - S$
 $= 2270 - 225 - 642.86$
 $= 1402.14$
15. $W_{\text{pasir}} = (P/100) \times W_{\text{pasir+kerikil}}$
 $= (32/100) \times 1402.14$
 $= 448.685$
16. $W_{\text{kerikil}} = W_{\text{pasir+kerikil}} - W_{\text{pasir}}$
 $= 1402.14 - 448.685$
 $= 953.455$

agregat	Kadar air	Daya serap	Keterangan
---------	-----------	------------	------------

Agregat halus	5%	0.95 %	Kekurangan air
Agregat kasar	0.8%	3.51 %	Kelebihan air

$$P_c = 642.86 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 225 - ((4.05\% \times 448.685) + (2.71\% \times 953.455)) \\ &= 181 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = 448.685 + (4.05\% \times 448.685) = 466.857 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = 953.455 - (2.71\% \times 953.455) = 927.616 \text{ Kg}$$

Rencana Campuran / m³

- Semen Portland : 642.86 kg
- Pasir : 466.857 kg
- Kerikil : 927.616 kg
- Air : 181 lt

Volume uji total 4 sampel :

$$\text{Pipa 2,5 Dim} : 4 \times 0.25 \times \pi \times 0.07^2 \times 0.15 = 0.0023 \text{ m}^3$$

Campuran untuk 4 sampel dengan mutu beton rencana $f'_c = 25 \text{ MPa}$

- Pipa 2.5 Dim
 1. semen : 1.478 kg
 2. pasir : 1.074 kg
 3. kerikil : 2.134 kg
 4. air : 0.416 kg



GAMBAR – GAMBAR



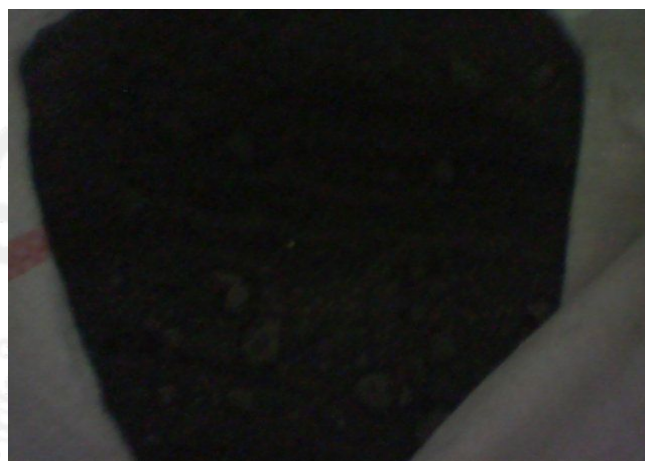
Gambar. Pengadukan bahan – bahan



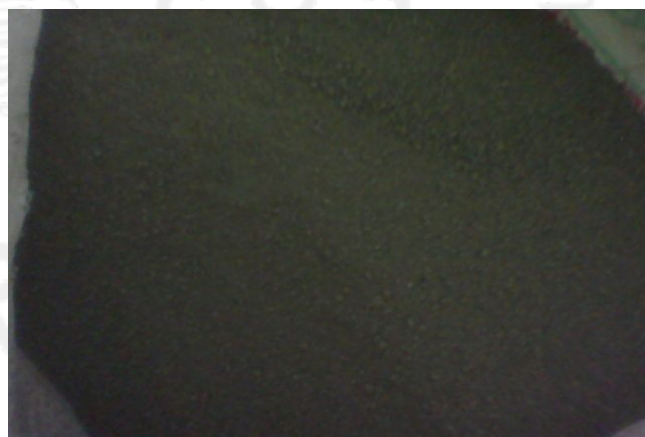
Gambar. Pemeriksaan Slump



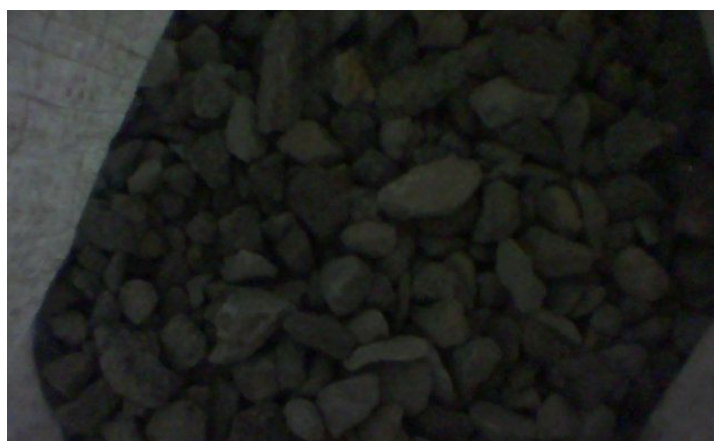
Gambar. Conplast P211



Gambar. Pasir Normal



Gambar. Pasir Sela



Gambar. Batu Pecah Normal



Gambar. Batu Pecah Sela



Gambar. Sampel Benda Uji



Gambar. Pengujian Penetrasi dan Permeabilitas

Gambar. Neraca





Gambar. Timbangan Digital



Gambar. Mesin Los Angelos



Gambar. Oven



Gambar. Ayakan dan Penggetar