



**STUDI PERBANDINGAN WAKTU PENGIKATAN DAN  
PERMEABILITAS BETON DENGAN  
SEMEN PORTLAND DARI TIGA PABRIK SEMEN DI  
INDONESIA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**CHAIDIR SETIAWAN**

**NIM. 0510613016-61**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2011**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**STUDI PERBANDINGAN WAKTU PENGIKATAN DAN  
PERMEABILITAS BETON DENGAN  
SEMEN PORTLAND DARI TIGA PABRIK SEMEN DI  
INDONESIA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**CHADIR SETIAWAN**  
**NIM. 0510613016-61**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

Ir. Siti Nurlina, MT  
NIP. 19650423 199002 2 001

Ir. Ristinah S., MT  
NIP. 19491227 197603 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN****STUDI PERBANDINGAN WAKTU PENGIKATAN DAN  
PERMEABILITAS BETON DENGAN  
SEMEN PORTLAND DARI TIGA PABRIK SEMEN DI  
INDONESIA****SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun oleh :

**CHAIDIR SETIawan  
NIM. 0510613016-61**

Skrripsi ini telah di uji dan dinyatakan lulus pada  
Tanggal 24 Januari 2011

Ir. Siti Nurlina, MT  
NIP. 19650423 199002 2 001

Ir. Ristinah S., MT  
NIP. 19491227 197603 2 001

PENGUJI

Ir. M. Taufik Hidayat, MT  
NIP. 19611228 198802 1 001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Sipil

Ir. Sugeng P. Budio, MS  
NIP. 19610125 198601 1 001



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Apabila ada dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Sarjana Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku ( UU No.20 Tahun 2003 Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 24 Januari 2011

Mahasiswa,



Nama : Chaidir Setiawan

Nim : 0510613016

Jurusan : Sipil

## KATA PENGANTAR

Segala Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmad dan hidayah- Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul Studi Perbandingan Waktu Pengikatan dan Permeabilitas Beton dengan semen Portland dari tiga pabrik semen di Indonesia dengan lancar. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, dan kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih khususnya kepada :

1. Alm. Ibu semoga bangga terhadap anakmu ini, Ayahnda, Nenek, Mbak Nisa, atas segala doa, dorongan moral, motivasi, dukungan financial dan pengorbanannya.
2. Ir. Siti Nurlina, MT, selaku Dosen Pembimbing I
3. Ir. Ristinah, MT, selaku Dosen Pembimbing II
4. Taufik Hidayat, ST, MT, selaku Dosen Penguji dan pembimbing kuliah
5. Ir. Sugeng P. Budiono, MS, selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
6. Seluruh Dosen pengajar dan staff karyawan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
7. Semua teman-teman di Sipil terutama angkatan 2005.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, sehingga penyusun sangat berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi suatu masukan dan pengetahuan yang baru bagi pembaca.

Malang, 24 Januari 2011

Penyusun





**BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisa Bahan yang Digunakan .....	23
4.1.1 Semen .....	23
4.1.2 Agregat .....	23
4.1.2.1 Agregat Halus .....	23
4.1.2.2 Agregat Kasar .....	23
4.1.3 Air .....	24
4.2 Pengujian Waktu Pengikatan .....	24
4.3 Pengujian Permeabilitas Beton .....	29
4.4 Pengujian Hipotesis .....	31
4.5 Pembahasan .....	34
4.5.1 Waktu Pengikatan .....	34
4.5.2 Permeabilitas Beton .....	35

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	37

**DAFTAR PUSTAKA**

.....	38
-------	----

**LAMPIRAN**

.....	39
-------	----



**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton	9
Gambar 2.2	Skematis Kurva Tegangan Regangan	10
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2	Alat Uji Vicat Test	17
Gambar 3.3	Alat Uji Permeabilitas Buatan Marui	19
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Holcim	24
Gambar 4.2	Grafik Regresi Semen Holcim	25
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Tiga Roda	26
Gambar 4.4	Grafik Regresi Semen Tiga Roda	27
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Gresik	27
Gambar 4.6	Grafik Regresi Semen Gresik	28
Gambar 4.7	Debit Air Semen Tiga Roda	29
Gambar 4.8	Debit Air Semen Gresik	29
Gambar 4.9	Debit Air Semen Holcim	30
Gambar 4.10	Regresi Permeabilitas dari Tiga Semen Portland	30



**DAFTAR TABEL**

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis Semen Portland	5
Tabel 2.2	Kandungan Kimia dari Semen Portland dengan SNI dalam Persen Asli	6
Tabel 2.3	Kandungan Fisika Dari Semen Portland	7
Tabel 2.4	Komposisi Standar Kimia Semen Portland	7
Tabel 2.5	Komposisi Standar Fisik Semen Portland	8
Tabel 4.1	Waktu Pengikatan Semen Holcim	25
Tabel 4.2	Waktu Pengikatan Semen Tiga Roda	26
Tabel 4.3	Waktu Pengikatan Semen Gresik	28
Tabel 4.4	Perhitungan Koefisien Permeabilitas Beton	31



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Uji Bahan .....	39
Lampiran 2	Data Pengamatan Penetrasi .....	44
Lampiran 3	Permeabilitas Beton .....	61
Lampiran 4	Foto- foto .....	64
Lampiran 5	Tabel Harga Distribusi F .....	69



DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Besaran	Satuan	Simbol
Koefisien permeabilitas	cm/det	K
Massa jenis air	kg/cm <sup>3</sup>	$\rho$
Percepatan gravitasi	cm/det <sup>2</sup>	g
Panjang atau tinggi sampel	cm	L
Debit aliran air	cm <sup>3</sup> /det	Q
Tekanan air	kg cm/det <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup>	P
Luas penampang sampel	cm <sup>2</sup>	A
Jari-jari luar sampel	cm	R <sub>0</sub>
Jari-jari dalam sampel	cm	R <sub>1</sub>

## RINGKASAN

Chaidir Setiawan. Januari 2011. Studi Perbandingan Waktu Pengikatan dan Permeabilitas Beton dengan Semen Portland dari Tiga Pabrik Semen Di Indonesia. Skripsi Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dosen Pembimbing : Ir. Siti Nurlina, MT dan Ir. Ristinah S., MT.

---

Banyaknya produk semen di Indonesia membuat daya saing antara pabrikan semen tersebut mengeluarkan inovasi-inovasi baru dalam pembuatan semen dan tetap mengacu terhadap aturan yang ada. Dari beberapa pabrikan semen tersebut yang sekarang bersaing keras dalam pembangunan struktur di Indonesia adalah Semen Gresik, Semen Holcim dan Semen Tiga Roda.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui Waktu Pengikatan dan Permeabilitas beton dari tiga semen Portland yang berada di Indonesia, sehingga dapat diperbandingkan dan pada penelitian ini bukan untuk bermaksud menjatuhkan salah satu pabrikan semen tersebut. Pengumpulan data dengan membuat benda uji sebanyak 9 buah. Kemudian dilakukan pengukuran waktu pengikatan pada pasta semen. Pengambilan data waktu pengikatan adalah dengan mencatat lama waktu pengikatan dengan menggunakan alat Vicat test dan *timer*. Menunjukkan bahwa pada waktu yang dibutuhkan semen sampai menjadi keras atau dengan kata lain waktu pengikatan akhir adalah berada pada waktu 270 menit, 240 menit, 270 menit, masing-masing pada semen Holcim, semen Tiga roda dan semen Gresik. Dari ketiga semen tersebut Semen Tiga roda memiliki waktu yang cepat. Tapi Waktu pengikatan awal rata-rata yang relatif sama satu dengan yang lain yaitu semen Holcim 60 menit, semen Tiga roda 45 menit, dan semen Gresik 60 menit.

Koefisien permeabilitas beton berada pada rata-rata  $5,06E-06$  cm/det,  $4,56E-05$  cm/det,  $5,06E-06$  cm/det masing-masing pada semen Holcim, semen Tiga roda dan semen Gresik. Dari ketiga semen tersebut Semen Tiga roda memiliki nilai koefisien permeabilitas beton yang tinggi pada umur 28 hari.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa perbandingan antara ketiga semen Portland tersebut tidak terdapat perbedaan. Jadi waktu pengikatan tidak di uji statistik karena yang dilihat adalah waktu yang dibutuhkan semen mencapai penetrasi sama dengan nol. Sedangkan permeabilitas beton di uji dengan ANNOVA, pada Semen Gresik, Semen Holcim dan Semen Tiga Roda yang sama-sama menyimpulkan tidak terdapat perbedaan.

Key word : Semen Portland, Waktu Pengikatan, Permeabilitas Beton



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia semakin hari semakin maju baik dalam teknologi maupun pengetahuan di dunia sipil. Kemajuan yang paling nyata adalah dalam bahan-bahan yang dipakai untuk membangun suatu bangunan. Salah satunya adalah semen. Semen yang merupakan salah satu bahan yang membentuk beton mempunyai harga yang lumayan mahal dan sekarang ini banyak produsen atau pabrikan semen baik yang beroperasi di Indonesia. Ini memberikan suatu keuntungan tersendiri bagi dunia konstruksi yaitu dengan banyaknya pilihan. Tentunya dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing produsen semen.

Dalam laporan skripsi ini akan memberikan studi perbandingan dari tiga pabrikan atau produsen semen yang ada di Indonesia yaitu diantaranya pabrikan semen Gresik, semen Holcim dan semen Tiga Roda. Khususnya perbandingan masalah waktu pengikatan dan permeabilitas beton dari ketiga pabrikan semen tersebut. Dalam laporan skripsi ini menggunakan tipe semen yang sama pada ketiga pabrikan semen yaitu Semen Portland.

Selama ini Semen Portland sering digunakan untuk pembangunan perumahan, jembatan dan juga gedung. Oleh karena itu jenis semen seperti ini menjadi pilihan dalam pembangunan struktur. Penggunaan beton sebagai material konstruksi banyak digunakan, dimana beton mempunyai kemampuan durabilitas, perilaku serta kinerja dengan ketahanan yang baik terhadap lingkungan luar serta memiliki keunggulan dalam hal kuat terhadap tekan, namun lemah terhadap tarik.

Dengan demikian banyaknya pemakaian beton sebagai bahan stuktur, maka semakin banyak pula usaha untuk mengetahui bagaimana sifat-sifat beton dari tiga macam semen yang berada di Indonesia yang dipertimbangkan untuk mengetahui waktu pengikatan dan permeabilitas beton dari tiga macam semen dengan tipe yang sama.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas antara lain sebagai berikut:

1. Adakah perbedaan yang terjadi pada tiga macam pabrikan semen Portland terhadap waktu pengikatan?
2. Adakah perbedaan yang terjadi pada tiga macam pabrikan semen Portland terhadap permeabilitas beton?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, dalam kajian ini diambil batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Bahan-bahan yang digunakan :
  - Semen Portland yang diproduksi oleh : P.T. Semen Gresik, P.T. Semen Tiga Roda, dan P.T. Holcim.
  - Agregat kasar dan agregat halus
  - Air yang dipakai adalah air yang berasal dari PDAM Kodya Malang
- b. Ikatan kimia yang terjadi pada saat pencampuran dan pada proses pengerasan beton tidak diadakan penelitian dan pembahasan lebih lanjut.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui waktu pengikatan dan permeabilitas beton dari ke tiga pabrikan semen Portland yang ada di Indonesia tersebut.

## 1.5 Manfaat Penelitian

- a) Dapat memberikan pengetahuan tambahan bagi tenaga ahli bidang struktur beton tentang waktu pengikatan dari tiga pabrikan semen Portland, tanpa adanya rekayasa.
- b) Dapat memberikan informasi bagi tenaga ahli bidang struktur beton tentang permeabilitas beton dengan variasi dari tiga pabrikan semen berbeda tapi mempunyai tipe yang sama.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan bahan bangunan yang diperoleh dengan cara pencampuran semen, air, agregat dan bila diperlukan bahan tambahan yang sangat bervariasi mulai bahan kimia sampai bahan bangunan non-kimia dengan perbandingan tertentu.

### 2.1 Semen

#### 2.1.1 Pengertian Semen

Semen adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang mampu melekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen portland atau semen portland pozolan yang berupa semen hidrolik sebagai perekat bahan susun beton.

#### 2.1.2 Sifat-Sifat Semen

##### 2.1.2.1 Susunan Kimia Semen

Semen portland dibuat dari serbuk mineral kristalin yang komposisi utamanya disebut mayor oksida, terdiri dari : kalsium atau batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), pasir silikat ( $\text{SiO}_2$ ), dan bijih besi ( $\text{FeO}_2$ ) serta senyawa-senyawa lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari jumlah semen yaitu minor oksida yang terdiri dari :  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{NaO}_2$ .

Empat unsur yang paling penting dalam semen adalah :

1. Trikalsium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ) atau  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3$
2. Dikalsium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ) atau  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
3. Trikalsium aluminat ( $\text{C}_3\text{A}$ ) atau  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
4. Tetrakalsium aluminoforit ( $\text{C}_4\text{AF}$ ) atau  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_2$

##### 2.1.2.2 Hidrasi Semen

Hidrasi semen adalah reaksi yang terjadi antara silikat dan aluminat pada semen dengan air menjadi media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Hidrasi semen bersifat eksotermis dengan panas yang dikeluarkan kira-kira 110 kalori/gram.

Panas hidrasi didefinisikan sebagai kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi. Waktu berlangsungnya dihitung sampai proses hidrasi berlangsung sampai



sempurna pada temperatur tertentu. Laju hidrasi dan perubahan panas bertambah besar sejalan dengan semakin halusya semen.

### 2.1.2.3 Kekuatan Semen dan FAS

Kekuatan semen yang dipakai sangat tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Sebaiknya selalu diusahakan jumlah air yang dipakai sesedikit mungkin agar kekuatan beton tidak terlalu rendah. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi kira-kira 25% dari berat semennya. Penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan beton setelah mengeras.

### 2.1.2.4 Sifat Fisis Semen

Sifat-sifat fisis semen adalah :

#### a. Kehalusan Butir

Semakin halus butiran semen, semakin luas permukaannya sehingga semakin cepat pula proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dari pada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Menurut SII 0013-81 paling sedikit 90% berat semen harus lolos ayakan lubang 9 mm.

#### b. Waktu Ikatan

Waktu ikatan adalah waktu yang dibutuhkan semen untuk mencapai keadaan kaku tahap pertama dan cukup kuat untuk menerima tekanan.

#### c. Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah kuantitas panas dalam kalori/gram pada semen yang terhidrasi.

#### d. Berat Jenis

### 2.1.2.5 Sifat Kimia Semen

Semen mengandung  $C_3S$  dan  $C_2S$  sebesar 70–80 %. Unsur-unsur ini merupakan unsur paling dominan dalam memberikan sifat semen.  $C_3S$  mulai berhidrasi bila semen terkena air secara eksotermis. Berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Membutuhkan air 24% dari beratnya.  $C_2S$  bereaksi dengan air lebih lambat dan hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah 7 hari dan memberikan kekuatan akhir. Unsur ini membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan mengurangi

penyusutan karena pengeringan. Membutuhkan air 21% dari beratnya. C<sub>3</sub>A berhidrasi secara eksotermis, bereaksi secara cepat dan memberikan kekuatan sesudah 24 jam.

Membutuhkan air 40% dari beratnya. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10%, kurang tahan terhadap serangan sulfat. C<sub>4</sub>AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap pengerasan beton.

### 2.1.3 Jenis-Jenis Semen

Berikut jenis-jenis semen portland yang sering digunakan dalam konstruksi

Tabel 2.1. Jenis Semen Portland

Jenis	Penggunaan
I	Konstruksi biasa dimana persyaratan yang khusus tidak diperlukan.
II	Konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap panas hidrasi yang sedang.
III	Jika kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan diinginkan.
IV	Jika panas hidrasi yang rendah yang diinginkan.
V	Jika daya tahan tinggi terhadap sulfat yang diinginkan.

Sumber : *Teknologi Beton* ; Kardiyono Tjokrodinuljo

### 2.1.4 Pembuatan Semen

Semen Portland Pozolan dapat dibuat dengan dua cara. Cara pertama menggiling bersama klinker semen dan pozolan. Sedangkan cara kedua dengan mencampur sampai rata gerusan semen dan pozolan halus.

Penggilingan dua material secara bersama-sama pada cara pertama lebih mudah daripada cara kedua. Pada semen portland pozolan menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit daripada semen biasa. Sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air lebih baik, sehingga cocok sekali jika dipakai untuk bangunan di tepi laut, bangunan pengairan, dan beton massa.

Reaksi antara air dengan semen dibedakan menjadi dua periode, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Periode pengikatan adalah peralihan dari kondisi plastis ke kondisi keras. Kondisi pada periode pengikatan, yaitu :

1. Kondisi pada saat semen mulai menjadi kaku setelah semen itu diaduk dengan air. Kondisi ini disebut pengikatan awal.
2. Kondisi yang berlangsung antara permulaan semen menjadi kaku sampai saat semen beralih ke kondisi keras dan padat, atau kondisi ini dapat diartikan bahwa pasta semen telah menjadi keras tetapi belum cukup kuat. Kondisi ini disebut waktu pengikatan .

Periode pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Pengerasan mula-mula berlangsung terus secara cepat, kemudian lebih lambat untuk jangka waktu yang lama.

Pengikatan harus berlangsung lambat, sebab jika tidak demikian adukan beton akan sukar dikerjakan. Oleh karena itu spesifikasi-spesifikasi untuk semen mensyaratkan untuk awal pengikatan dari pasta semen tidak boleh kurang dari 45 menit, setelah pemberian air pada semen. Spesifikasi dari semen Portland dengan SNI seperti pada Tabel 2.1 dan 2.2 berikut ini :

TABEL 2.2 KANDUNGAN KIMIA DARI SEMEN PORTLAND  
DENGAN SNI DALAM PERSEN ASLI

URAIAN	S N I	SEMEN TIGA RODA	SEMEN HOLCIM	SEMEN GRESIK
Bagian yang larut		0,22	0,25	0,25
Silikon Dioksida $\text{SiO}_2$		20,80	20,00	19,8
Besi III Dioksida $\text{Fe}_2\text{O}_3$		2,94	3,25	3,83
Aluminium Oksida $\text{Al}_2\text{O}_3$		5,40	5,20	5,9
Kalsium Oksida $\text{CaO}$		63,3	65	64
Magnesium Oksida $\text{MgO}$	>0,5	3,1	1,9	1,4
Belerang Trioksida $\text{SO}_3$	<3,0	1,88	2,09	2
Hilang pada pemijaran		0,71	0,60	0,70
Alkali sebagai $\text{Na}_2\text{O}$		0,25	0,18	0,23
Kapur bebas		0,21	0,25	0,28

Sumber : Laboratorium P.T. Semen Holcim, Indonesia



TABEL 2.3 KANDUNGAN FISIKA DARI SEMEN PORTLAND

URAIAN	Portland	S N I
1. Kehalusan Dengan alat Blaine M <sup>2</sup> / kg	469	>280
2. Waktu pengikatan Dengan alat Vicat		
- Awal, menit	123	>45
- Akhir, menit	285	<375
3. Kekekalan dalam Autoclave		
- pemuaiian %		<0,8
- penyusutan %		<0,2
4. Peningkatan semu		
- penetrasi akhir %	71	>50

Sumber : Departemen Perindustrian dan Badan Penelitian dan Pengembangan Industri

Keterangan :

Semen Portland = Semen Portland secara umum

TABEL 2.4 KOMPOSISI STANDAR KIMIA SEMEN PORTLAND

Cement Type <sup>A</sup>	Applicable Test Method	I and IA	II and IIA	III and IIIA	IV	V
Aluminum oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), max, %	C 114	...	6.0	...	...	...
Ferric oxide (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), max, %	C 114	...	6.0 <sup>B,C</sup>	...	6.5	...
Magnesium oxide (MgO), max, %	C 114	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Sulfur trioxide (SO <sub>3</sub> ), <sup>D</sup> max, %	C 114					
When (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> is 8 % or less		3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
When (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> is more than 8 %		3.5	<sup>F</sup>	4.5	<sup>F</sup>	<sup>F</sup>
Loss on ignition, max, %	C 114	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Insoluble residue, max, %	C 114	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tricalcium silicate (C <sub>3</sub> S) <sup>E</sup> , max, %	See Annex A1	...	...	...	35 <sup>B</sup>	...
Dicalcium silicate (C <sub>2</sub> S) <sup>E</sup> , min, %	See Annex A1	...	...	...	40 <sup>B</sup>	...
Tricalcium aluminate (C <sub>3</sub> A) <sup>E</sup> , max, %	See Annex A1	...	8	15	7 <sup>B</sup>	5 <sup>C</sup>
Sum of C <sub>3</sub> S + 4.75C <sub>2</sub> A <sup>G</sup> , max, %	See Annex A1	...	100 <sup>H</sup>	...	...	...
Tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminate (C <sub>4</sub> AF + 2(C <sub>3</sub> A)), or solid solution (C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F), as applicable, max, %	See Annex A1	...	...	...	...	25 <sup>C</sup>

TABEL 2.5 KOMPOSISI STANDAR FISIK SEMEN PORTLAND

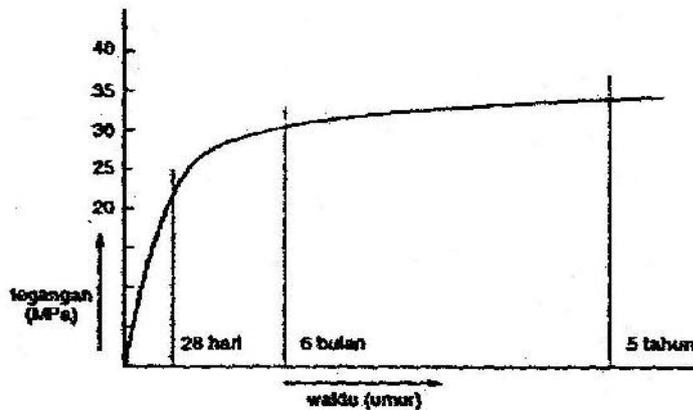
Cement Type <sup>a</sup>	Applicable Test Method	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
All content of mortar, <sup>b</sup> volume %:	C 185								
max		12	22	12	22	12	22	12	12
min		...	16	...	16	...	16	...	...
Fineness, <sup>c</sup> specific surface, m <sup>2</sup> /kg (alternative methods):									
Turbidimeter test	C 115								
Average value, min <sup>d</sup>		160	160	160	160	...	...	160	160
Any one sample, min <sup>e</sup>		150	150	150	150	...	...	150	150
Average value, max <sup>d</sup>		...	...	240 <sup>f</sup>	240 <sup>f</sup>	...	...	240	...
Any one sample, max <sup>e</sup>		...	...	245 <sup>f</sup>	245 <sup>f</sup>	...	...	245	...
Air permeability test	C 204								
Average value, min <sup>d</sup>		280	280	280	280	...	...	280	280
Any one sample, min <sup>e</sup>		260	260	260	260	...	...	260	260
Average value, max <sup>d</sup>		...	...	420 <sup>f</sup>	420 <sup>f</sup>	...	...	420	...
Any one sample, max <sup>e</sup>		...	...	430 <sup>f</sup>	430 <sup>f</sup>	...	...	430	...
Autoclave expansion, max., %:	C 151	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Strength, not less than the values shown for the ages indicated as follows, <sup>g</sup>									
Compressive strength, MPa (psi)	C 109/ C 109M								
1 day		...	...	...	...	12.0 (1740)	10.0 (1450)	...	...
3 days		12.0 (1740)	10.0 (1450)	10.0 (1450) 7.0 <sup>h</sup>	8.0 (1160) 6.0 <sup>h</sup>	24.0 (3480)	19.0 (2760)	...	6.0 (870)
7 days		19.0 (2760)	16.0 (2320)	17.0 (2470) 12.0 <sup>h</sup>	14.0 (2030) 9.0 <sup>h</sup>	...	...	7.0 (1020)	15.0 (2180)
28 days		...	...	...	...	...	...	17.0 (2470)	21.0 (3050)
Time of setting, Vicat test, <sup>j</sup>	C 191								
Time of setting, min, not less than		45	45	45	45	45	45	45	45
Time of setting, min, not more than		375	375	375	375	375	375	375	375

Sumber : Annual Book of ASTM Standard 2007, Standard Specification for Portland Cement

C150-07

## 2.2 Umur Beton

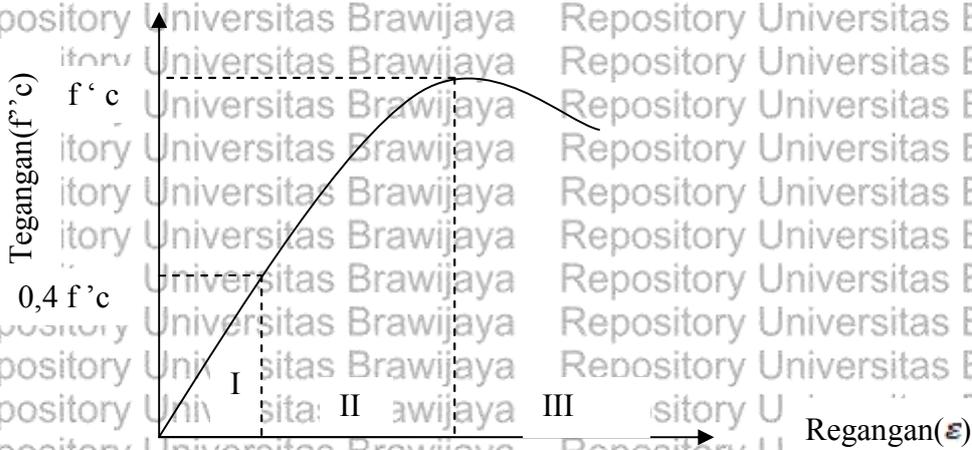
Umur ternyata mempengaruhi kekuatan dari beton. Kecepatan penambahan kekuatan dari semen dan beton tergantung pada senyawa – senyawa yang ada. Kekuatan naik dengan pesat selama awal dari pengerasan dan makin lama makin berkurang. Pada awal hidrasi hanya berlangsung reaksi kimia pada sebelah luar partikel semen. Bilamana sepotong beton diperiksa dibawah mikroskop, tampak masih adanya partikel yang belum mengalami hidrasi dalam pasta yang mengeras. Partikel yang belum mengalami hidrasi ini terus menyerap air dari udara meskipun air pencampur telah kering. Proses kimia yang berlangsung terus menerus ini meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton sampai beberapa tahun tetapi peningkatannya kecil dibandingkan pada umur muda ( Murdock 1991,72-74).



Grafik 2.1 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton

### 2.3 Hukum Perilaku Bahan

Beton terbentuk dari tiga komponen yaitu semen, air, dan agregat yang merupakan suatu bahan yang heterogen. Adanya sifat ini, maka pada masing-masing komponene mempunyai perilaku yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Menurut teori Miliukontinyu, sifat heterogen ini dianggap cukup kecil jika ditinjau dari perilaku secara mikroskopi, sehingga perilaku beton ini didekati dengan baik oleh teknik homogenisasi. Hal ini mempermudah kita untuk mempelajari perilaku beton. Perilaku dari struktur yang mengalami pembebanan singkat sebagian besar tergantung pada hubungan tegangan-regangan dari bahan pembentuknya, sesuai jenis tegangan yang bekerja pada struktur tersebut. Karena beton terutama dipakai untuk memikul beban tekan, maka disini diutamakan adalah grafik tegangan-regangan dalam kondisi tekan. Grafik tersebut dapat diperoleh dari pengukuran-pengukuran reganagn yang sesuai dalam pengujian-pengujian silinder. Pada pembebanan kecil dan singkat, beton secara umum mempunyai elastisitas linier. Namun pada pembebanan yang lebih besar lagi akan timbul retak-retak kecil yang cukup berarti. Apabila kita mengikuti suatu percobaan tekan benda uji silinder, maka beton akan memperlihatkan hubungan tegangan – regangan skematis seperti pada gambar dibawah ini (Winter,1993 :15).



Gambar 2.2 Skematis Kurva Tegangan Regangan

Dalam perilaku beton yang dinyatakan oleh tegangan regangan diatas, kelihatannya dengan jelas tiga perilaku bahan yang berurutan dan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tahap I disebut tahap elastis, adalah perilaku dimana deformasi aksial benda uji hampir proposional dengan tegangan yang diberikan. Bagian kuva yang hampir linier ini berhenti pada kira-kira 40% dari tegangan maksimal yang telah dicapai. Juga perlu dicatat kemiringan pada bagian ini jauh lebih besar dari bagian yang lain.
- Tahap II merupakan bagian nonlinier dari kurva yang naik. Pada bagian ini ddeformasi aksial terdiri dari elastis dan deformasi plastis yang disebabkan munculnya retak-retak kecil. Tahap ini berhenti pada saat tegangan maksimal dicapai.
- Tahap III adalah bagian dari kurva turun. Bagian ini dari segi perhitungan kkkurang memberikan arti tapi hanya dipakai untuk menunjukkan batas maksimal kurva. Dalam perhitungan klasik konstruksi beton, metode perhitungan secara umum didasarkan pada teori elastisitas dengan pertimbangan bahwa perilaku beton dalam keadaan tertekan adalah elastisitas linier.



## 2.4 Waktu Pengikatan

Apabila air ditambahkan atau dicampurkan dengan semen portland, terjadilah reaksi kimia yang dinamakan hidrasi yang menghasilkan pasta yang plastis dan dapat dibentuk dalam kurung waktu tertentu, dimana karakteristiknya tidak berubah. Kurun waktu dimana tidak terjadi perubahan karakteristik ini dikenal dengan *periode dorman*. Selang beberapa saat terjadi perubahan pada pasta plastis tadi menjadi lebih kaku, walaupun masih lunak namun sudah mulai sukar dibentuk. Fase ketika terjadi perubahan ini disebut "initial set", dimana waktu air mulai dicampurkan dengan *initial set* disebut *waktu pengikatan awal (initial setting time)*. Fase ini berlanjut hingga kekakuannya menciptakan padatan yang utuh, dan bila ini tercapai disebut fase "final set", dimana waktu yang diperlukan untuk terbentuknya padatan yang utuh disebut *waktu pengikatan akhir (final setting time)*.

Menurut standar BS 12 : 1978, waktu pengikatan awal yang diperlukan adalah 45 menit (*Vicat test*) dan 60 menit (*Gillmore*), sedangkan waktu pengikatan akhir aalah 8 jam (*Vicat test*) dan 10 jam (*Gillmore*).

Dalam kenyataan di lapangan, waktu setting ini sangat banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yaitu temperatur lapangan dan angin dapat mempercepat waktu pengikatan. Selain itu, kondisi agregat juga memegang peranan penting terhadap waktu pengikatan ini, dimana agregat yang kering dan panas dapat juga mempercepat waktu pengikatan.

(Sjafei Amri, 2005)

## 2.5 Permeabilitas Beton

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton tersebut dapat dilalui air, maka beton tersebut dikatakan permeabel. Jika sebaliknya, maka beton tersebut dikatakan impermeabel. Maka sifat permeabilitas yang penting pada beton adalah permeabilitas terhadap air. Untuk mengetahui dan mengukur permeabilitas beton perlu dilakukan pengujian. Uji permeabilitas ini terdiri dari dari dua macam: uji aliran (*flow test*) dan uji penetrasi (*penetration test*). Uji yang pertama digunakan untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila ternyata air dapat mengalir melalui sampel beton. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sampel. Dari data yang dihasilkan oleh uji permeabilitas ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas, suatu angka yang menunjukkan kecepatan rembesan fluida dalam suatu zat.



Pada uji aliran, koefisien permeabilitas dihitung dengan Rumus Darcy:

$$K = \frac{\rho g L Q}{P A}$$

dimana:

$K$  : koefisien permeabilitas (cm/det)

$\rho$  : massa jenis air (kg/cm<sup>3</sup>)

$g$  : percepatan gravitasi (cm/det<sup>2</sup>)

$L$  : panjang atau tinggi sampel (cm)

$Q$  : debit aliran air (cm<sup>3</sup>/det)

$P$  : tekanan air (kg cm/det<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>)

$A$  : luas penampang sampel (cm<sup>2</sup>)

Kemudian dimodifikasi menjadi rumus sebagai berikut

$$K = \frac{2,3 Q \rho \log(R_0 - R_1)}{2 \pi L P}$$

dimana:

$K$  : koefisien permeabilitas (cm/det)

$\rho$  : massa jenis air (kg/cm<sup>3</sup>)

$L$  : panjang atau tinggi sampel (cm)

$R_0$  : jari-jari luar sampel (cm)

$R_1$  : jari-jari dalam sampel (cm)

$Q$  : debit aliran air (cm<sup>3</sup>/det)

$P$  : tekanan air (kg cm/det<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>)

(Marui, 1979)

## 2.6 Hipotesis Penelitian

Dari berbagai kajian teori dan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka pada penelitian yang disajikan hipotesis penelitian sebagai berikut : ”Diduga tidak ada perbedaan terhadap waktu pengikatan dan permeabilitas beton dari variasi tiga pabrikan semen Portland.”

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Bahan yang Digunakan

##### 4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang dipakai adalah tiga semen dari pabrikan terbesar di Indonesia yang mempunyai semen Portland yang di produksi oleh PT Indocement Tunggal Perkasa, Holcim Indonesia, PT Semen Gresik Persero. Semen-semen tersebut telah memenuhi Syarat Standart Indonesia (SII), sebagai bahan pengikat dalam campuran beton, sehingga dalam penelitian ini kami mencoba untuk meneliti lebih lanjutnya.

##### 4.1.2 Agregat

###### 4.1.2.1 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir sungai alami dari wilayah Lumajang. Dari hasil uji fisik bahan diperoleh data sebagai berikut :

Modulus Halus	: 2,909
Berat satuan	: 2,203 gr/cm <sup>3</sup>
Berat jenis (SG)	: 2,35 gr /cm <sup>3</sup>
Kadar air	: 6,95
Absorpsi	: 3,8%

Uraian selengkapnya ada pada lampiran 1.

Dari pengujian tersebut pasir yang digunakan tergolong pasir normal, dimana nilai modulus halusanya berkisar antara 1,5 sampai dengan 3,8 dan masuk dalam gradasi yang disyaratkan.

###### 4.1.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar yang di gunakan adalah agregat ringan yang berupa batu Apung (*Pumice*) ukuran butiran maksimum  $\phi \frac{3}{4}$ " (19,05 mm), berasal dari Tumpang, Malang. Dari hasil uji fisik bahan yang diperoleh sebagai berikut :

Modulus Halus	: 7,18
Berat satuan	: 2,86 gr/cm <sup>3</sup>
Berat jenis (SG)	: 2,97 gr /cm <sup>3</sup>
Kadar air	: 9,03
Absorpsi	: 3,8%

Uraian selengkapnya pada lampiran 2.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa nilai modulus halus nya memenuhi syarat yang yaitu antara 5 sampai 8.

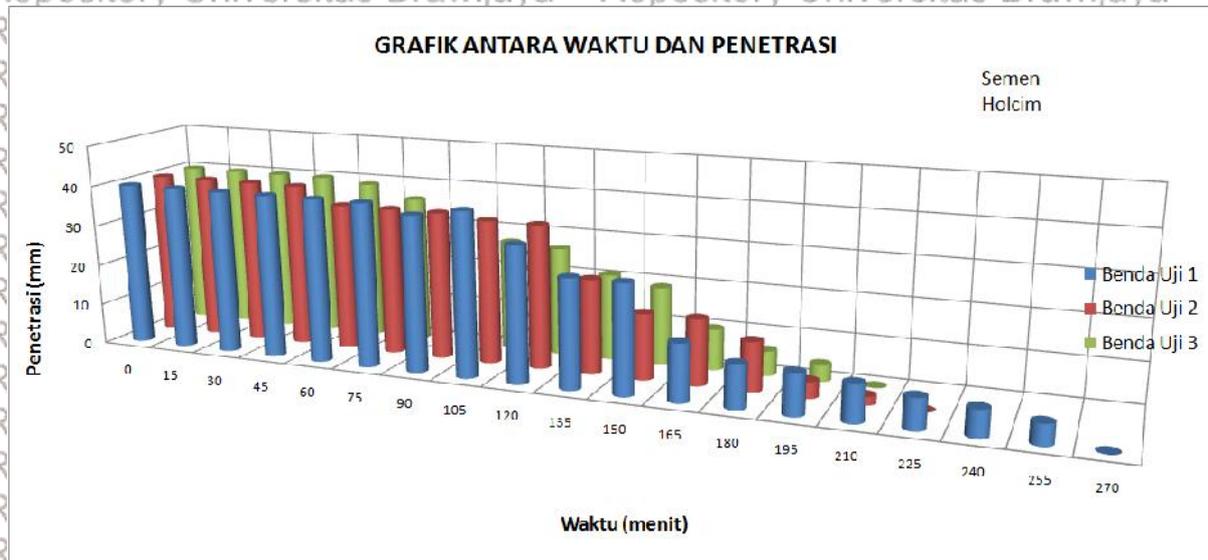
#### 4.1.3 Air

Air digunakan untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan kemudahan dalam pengerjaan pembuatan beton. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kodya Malang. Air tesebut sudah layak untuk digunakan dalam pembuatan campuran beton. Dengan jamiunan kualitas produksi Perusahaan Dearah Air Minum (PDAM) maka penelitian ini hanya dilakukan pengujian visual dan tidak dilakukan penelitian secara khusus terhadap sifat- sifat air.

#### 4.2 Pengujian Waktu Pengikatan

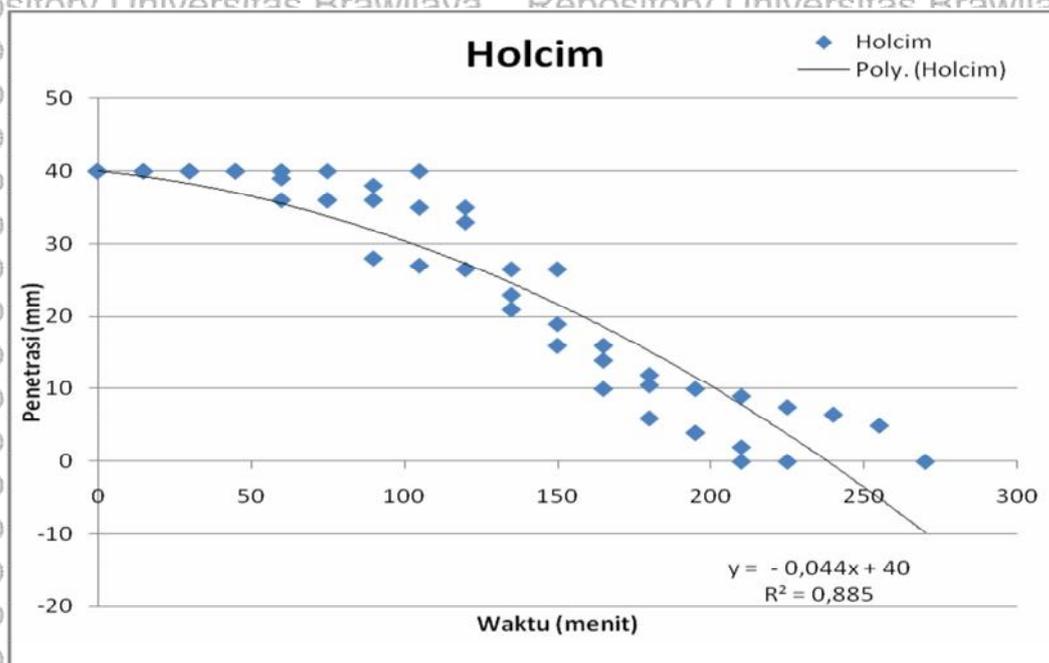
Pengujian waktu pengikatan dilakukan terhadap pasta semen pada tiga semen Portland, dengan menggunakan alat uji Vicat Test. Berikut ini merupakan hasil pengujian waktu pengikatan dari masing-masing 3 semen Portland :

Gratik 4.1 Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Holcim



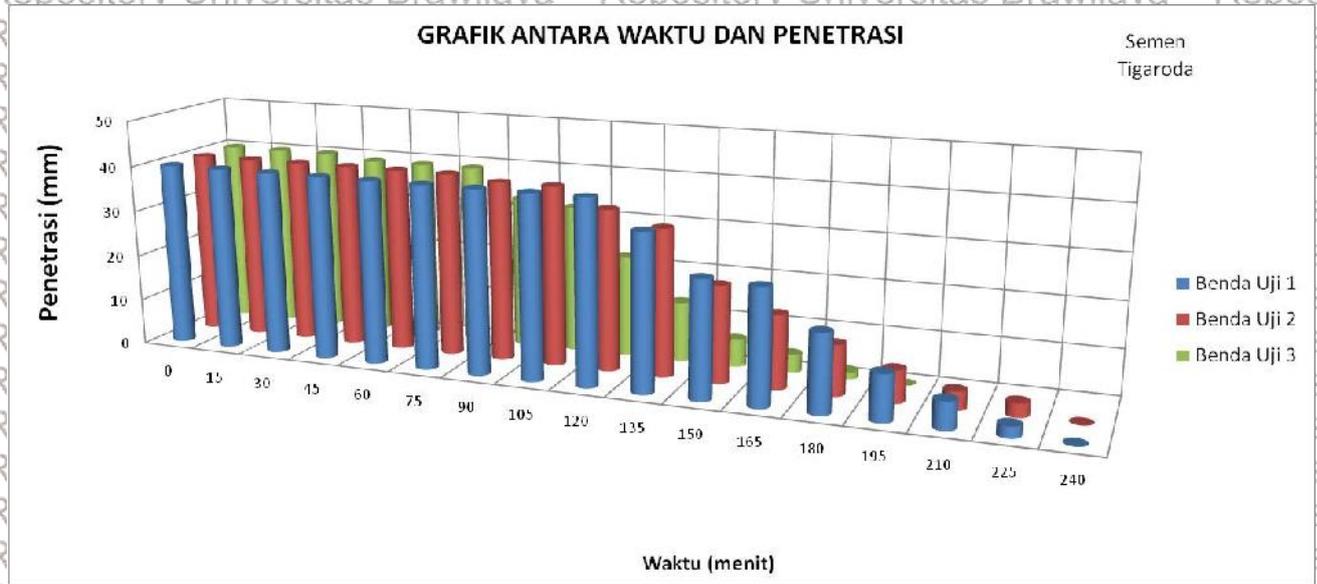
Tabel 4.1 Waktu Pengikatan Semen Holcim

No	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)		
		Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
1	0	40	40	40
2	15	40	40	40
3	30	40	40	40
4	45	40	40	40
5	60	40	36	39
6	75	40	36	36
7	90	38	36	28
8	105	40	35	27
9	120	33	35	26,5
10	135	26,5	23	21
11	150	26,5	16	19
12	165	14	16	10
13	180	10,5	12	6
14	195	10	4	4
15	210	9	2	0
16	225	7,5	0	0
17	240	6,5	0	0
18	255	5	0	0
19	270	0	0	0



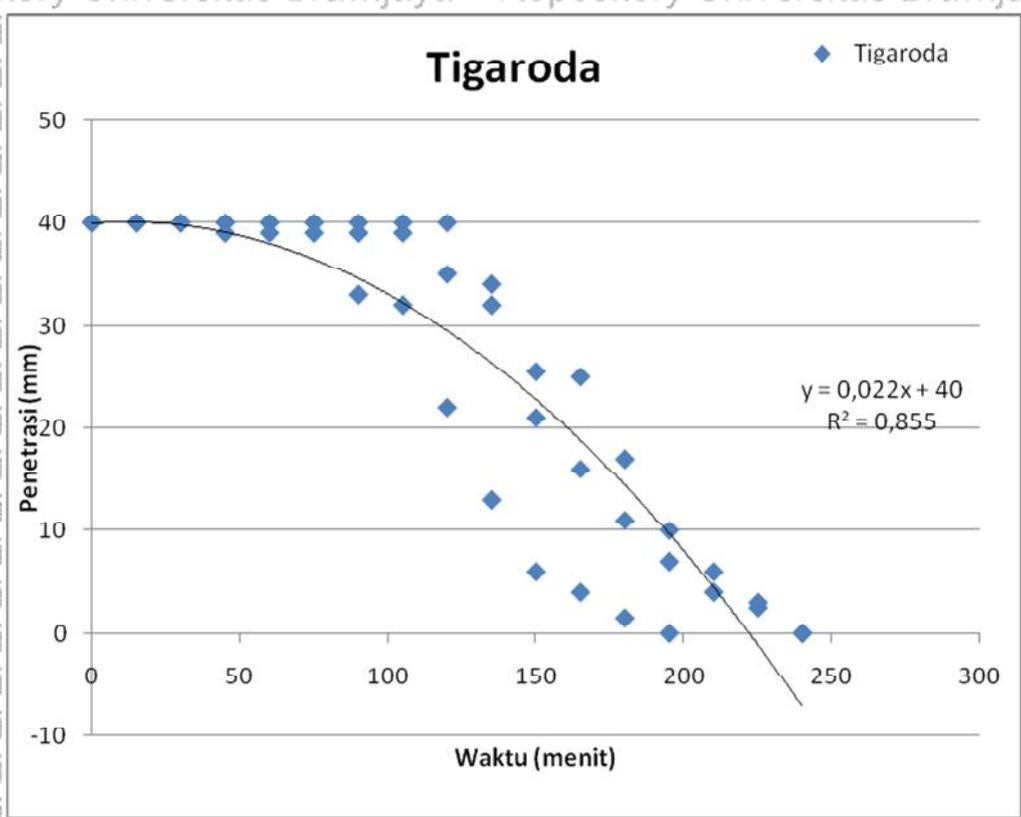
Grafik 4.2 Regresi Semen Holcim

Grafik 4.3 Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Tigaroda

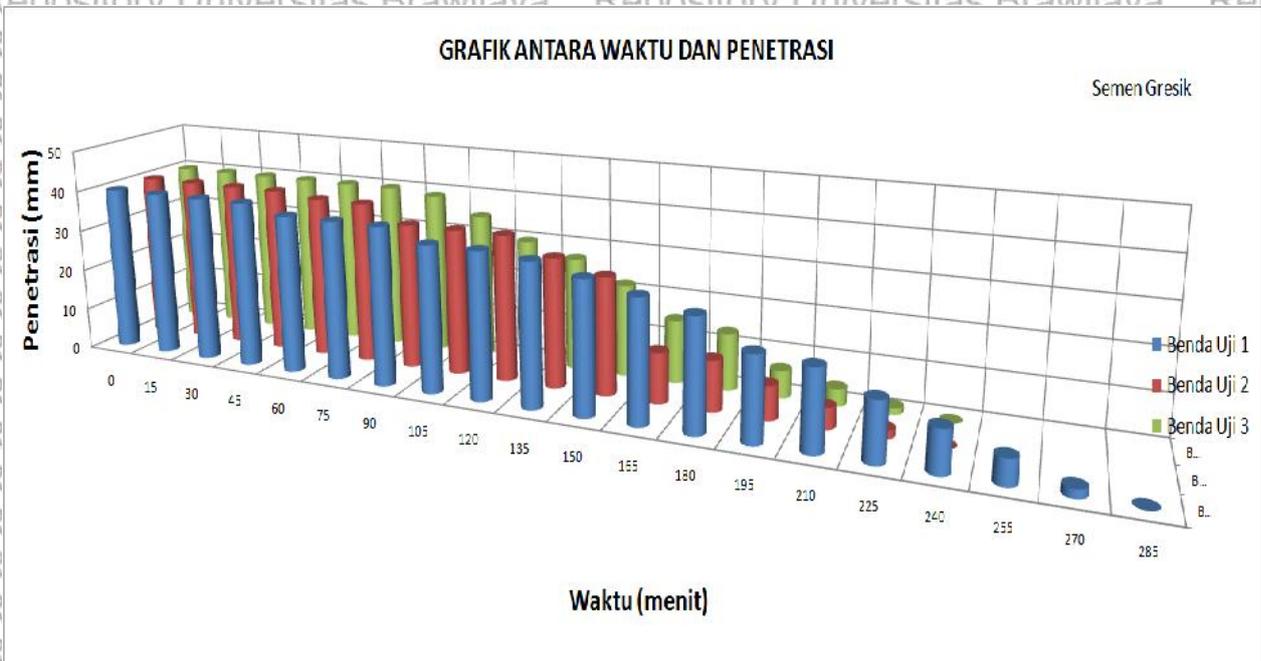


Tabel 4.2 Waktu Pengikatan Semen Tigaroda

No	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)		
		Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
1	0	40	40	40
2	15	40	40	40
3	30	40	40	40
4	45	40	40	39
5	60	40	40	39
6	75	40	40	39
7	90	40	39	33
8	105	40	39	32
9	120	40	35	22
10	135	34	32	13
11	150	25,5	21	6
12	165	25	16	4
13	180	17	11	1,5
14	195	10	7	0
15	210	6	4	0
16	225	2,5	3	0
17	240	0	0	0
18	255	0	0	0
19	270	0	0	0



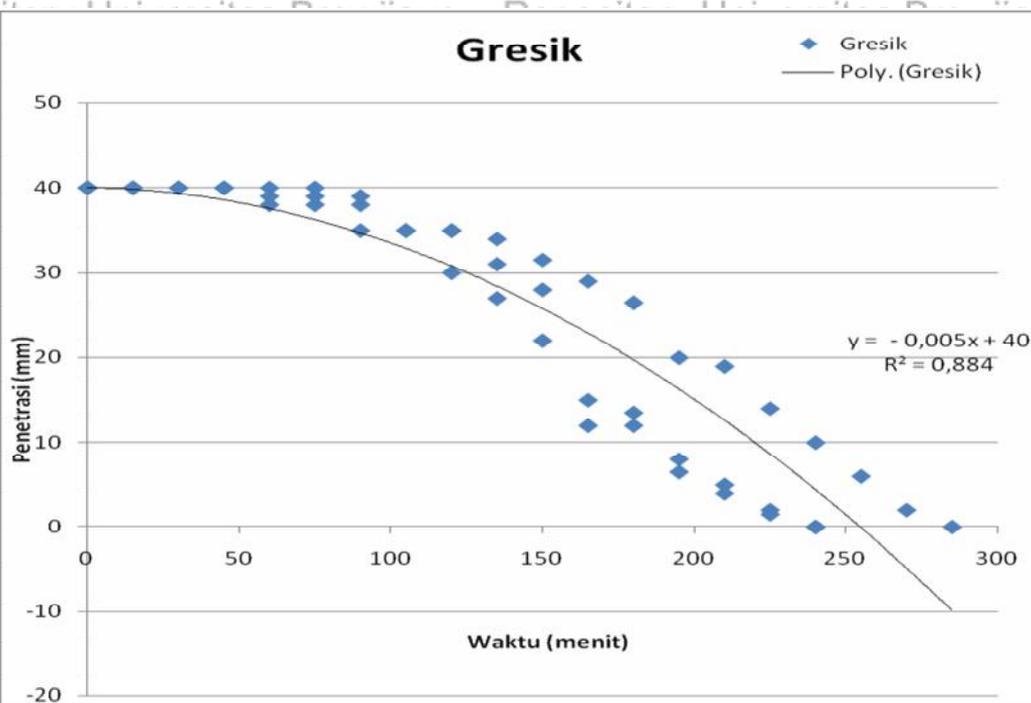
Grafik 4.4 Regresi Semen Tigaroda



Grafik 4.5 Hubungan antara Waktu dan Penetrasi pada Semen Gresik

Tabel 4.3 Waktu Pengikatan Semen Gresik

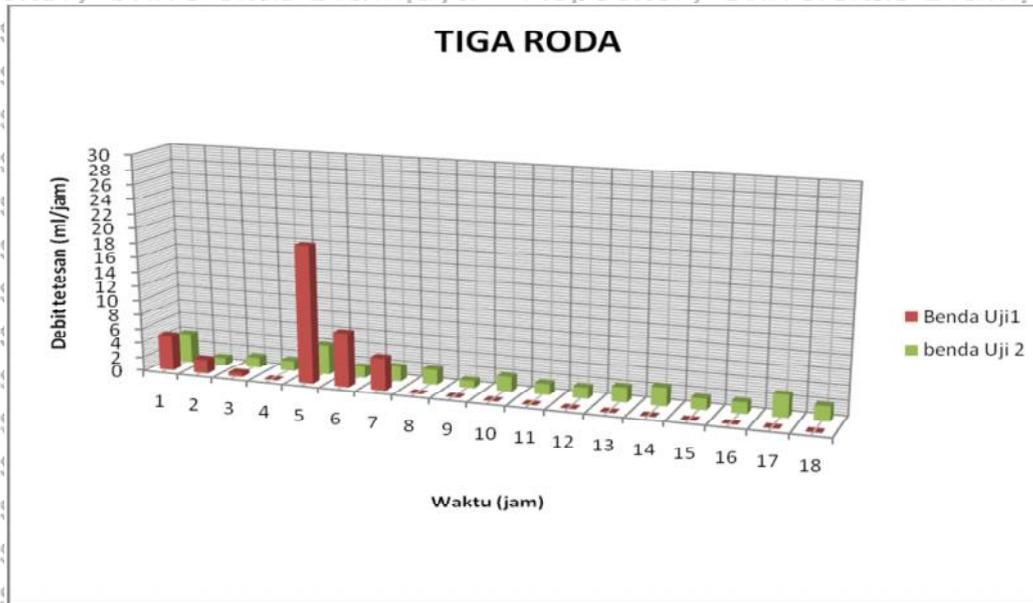
No	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)		
		Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
1	0	40	40	40
2	15	40	40	40
3	30	40	40	40
4	45	40	40	40
5	60	38	39	40
6	75	38	39	40
7	90	38	35	39
8	105	35	35	35
9	120	35	35	30
10	135	34	31	27
11	150	31,5	28	22
12	165	29	12	15
13	180	26,5	12	13,5
14	195	20	8	6,5
15	210	19	5	4
16	225	14	2	1,5
17	240	10	0	0
18	255	6	0	0
19	270	0	0	0



Grafik 4.6 Regresi Semen Gresik

### 4.3 Pengujian Permeabilitas Beton

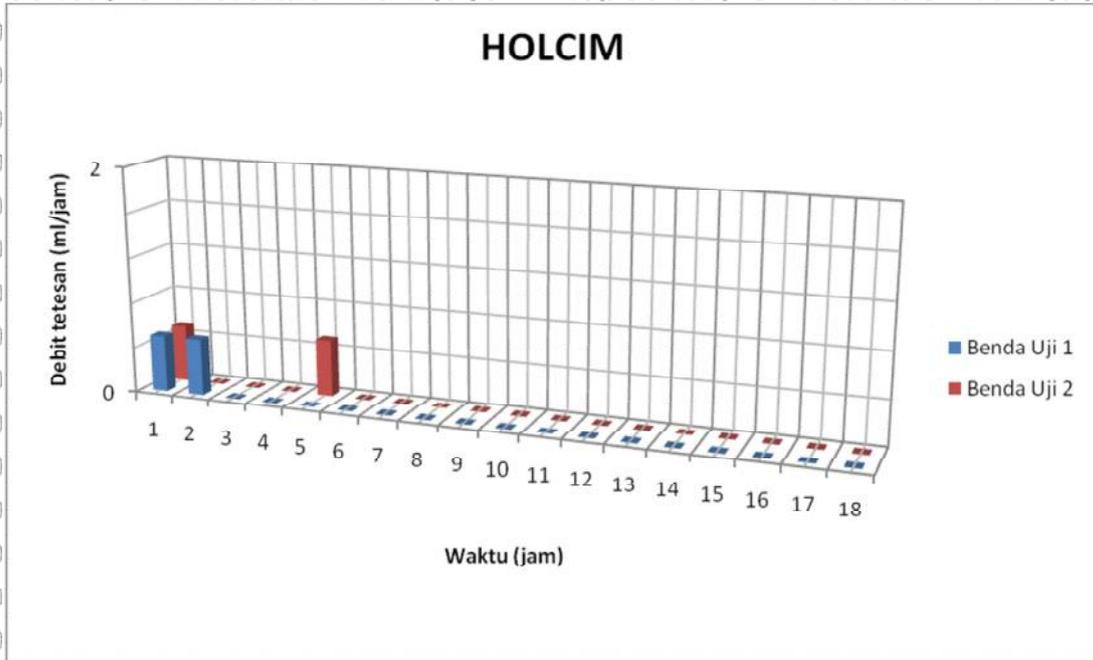
Pengujian permeabilitas beton ini dilakukan dengan menggunakan alat yang mirip alat buatan marui. Alat ini terbuat dari pipa PVC ukuran diameter 6", dimana dibuat 3 pipa pvc untuk 1 tipe semen Portland. Total ada 9 pipa pvc dimana ukuran untuk 1 pipa pvc adalah tinggi 35 cm dan diameter 15 cm. Ukuran ini menyesuaikan ukuran beton normal tapi yang berbeda adalah tingginya, dimana 30 cm adalah tinggi beton dan sisanya 5 cm adalah air untuk mengisi ruang pipa pvc. Jadi pipa pvc berfungsi sebagai tempat cetakan sekaligus tempat untuk menguji permeabilitas beton



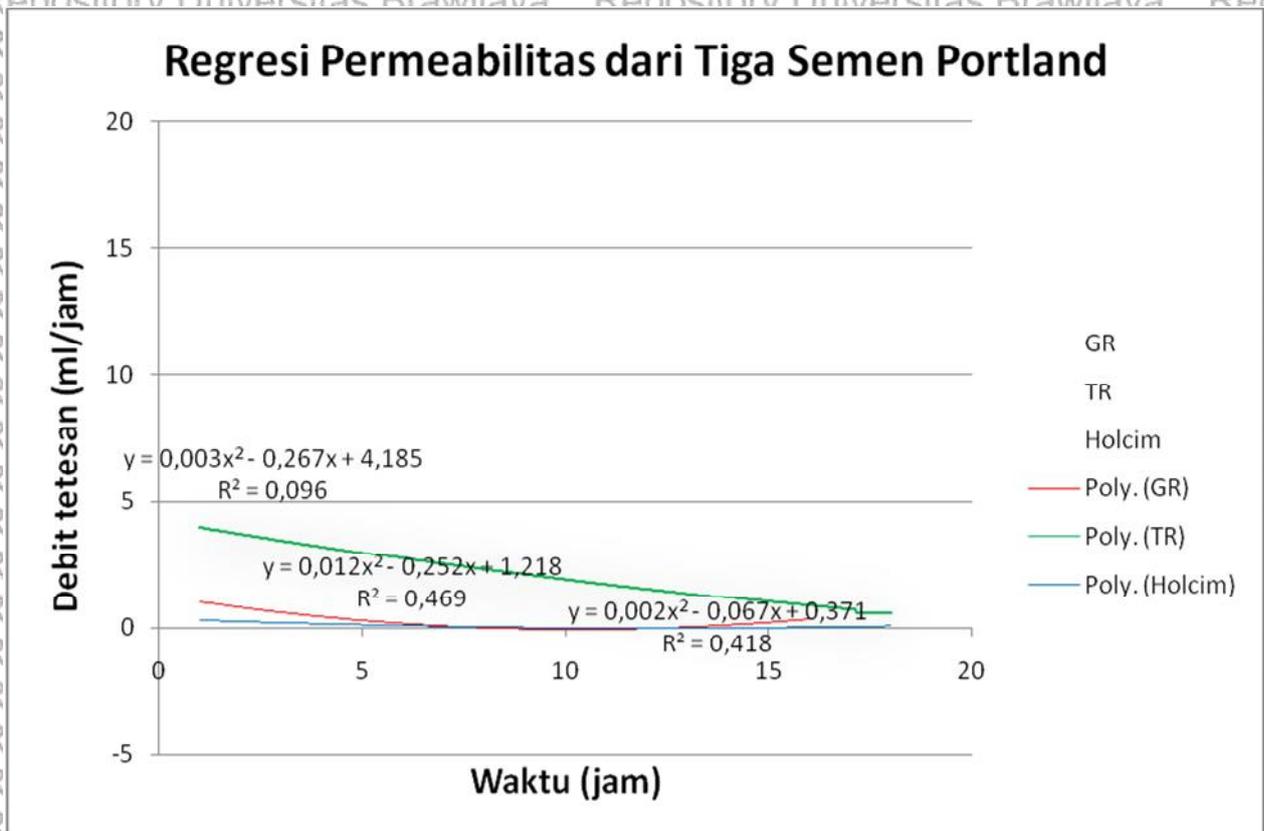
Grafik 4.7 Debit air semen Tigaroda



Grafik 4.8 Debit air semen Gresik



Grafik 4.9 Debit air semen Holcim



Grafik 4.10 Regresi Permeabilitas dari tiga Semen Portland

Tabel 4.5 Perhitungan Koefisien Permeabilitas Beton

Keterangan	Q(mL/jam)	L(cm)	R <sub>0</sub> (cm)	R <sub>1</sub> (cm)	P(kg/cm <sup>2</sup> )	ρ(kg/cm <sup>2</sup> )	K(cm/det)
<b>Semen Holcim</b>							
Tabung 1	0,5	30	7,5	0,75	1	0,001	5,06E-06
Tabung 2	0,5	30	7,5	0,75	1	0,001	5,06E-06
Tabung 3	10,5	30	7,5	0,75	1	0,001	1,06E-04
<b>Semen Tigaroda</b>							
Tabung 1	12,5	30	7,5	0,75	1	0,001	1,27E-04
Tabung 2	4,5	30	7,5	0,75	1	0,001	4,56E-05
Tabung 3	1,5	30	7,5	0,75	1	0,001	1,52E-05
<b>Semen Gresik</b>							
Tabung 1	0,5	30	7,5	0,75	1	0,001	5,06E-06
Tabung 2	1	30	7,5	0,75	1	0,001	1,01E-05
Tabung 3	0,5	30	7,5	0,75	1	0,001	5,06E-06

#### 4.4 Pengujian Hipotesis

Berdasarkan uraian-uraian sebelumnya, dinyatakan dalam hipotesis bahwa diduga Diduga tidak ada perbedaan terhadap waktu pengikatan dan permeabilitas beton dari variasi tiga pabrikan semen Portland. Untuk mengetahui kebenaran pernyataan tersebut yang berdasarkan hasil pengujian waktu pengikatan dan permeabilitas beton, maka perlu pengujian terhadap hipotesis. Untuk pengujian waktu pengikatan tidak dilakukan uji, hal ini dikarenakan dalam pengujian waktu pengikatan yang dilihat adalah waktu yang dibutuhkan semen dari tiga pabrikan semen Portland mencapai penetrasi sama dengan nol. Sedangkan pengujian permeabilitas beton dilakukan pengujian. Hipotesis permeabilitas betoon dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

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

Dengan :

$H_0$  = Tidak ada perbedaan antara tiga semen tersebut

$H_1$  = adanya perbedaan antara tiga semen tersebut

Untuk mengetahui perbedaan rerata dari 2 populasi atau lebih, dimana variable tak bebas berupa data interval dan variable bebas berupa nominal digunakan metode statistik ANOVA (*analysis of variance*) satu arah. Hasil pengolahan data ditunjukkan oleh nilai F(hitung) dengan tingkat signifikasi ( $\alpha=0,05$ ). Jika ada perbedaan yang berarti antara dua variabel, maka hasil penelitian mendukung hipotesis yang diajukan, sebaliknya jika hasil analisis menunjukkan perbedaan yang tidak berarti (tidak signifikan) antara dua variabel, menunjukkan hipotesis yang diajukan ditolak.

Untuk Permeabilitas Beton menggunakan metode statistik ANOVA satu arah. Langkah-langkah uji statistik ANOVA satu arah:

1) Diasumsikan bahwa data dipilih secara random, berdistribusi normal dan variannya homogen.

2) Hipotesis ( $H_1$  dan  $H_0$ ) dalam bentuk kalimat

$H_0$  = Tidak ada perbedaan antara tiga semen tersebut

$H_1$  = adanya perbedaan antara tiga semen tersebut

3) Hipotesis ( $H_1$  dan  $H_0$ ) dalam bentuk statistik

$H_1 = A_1 = A_2 = A_3$

$H_0 = A_1 \neq A_2 \neq A_3$

Dimana :

A1 = Semen Holcim

A2 = Semen Tiga roda

A3 = Semen Gresik

4) Daftar statistik induk nilai koefisien permeabilitas beton

No	A1	A2	A3	
1	5,06E-06	1,27E-04	5,06E-06	
2	5,06E-06	4,56E-05	1,01E-05	
3	1,06E-04	1,52E-05	5,06E-06	
STATISTIK				TOTAL (T)
n	3	3	3	N = 9
$\sum x$	1,16E-04	1,87E-04	2,02E-05	3,24E-04
$\sum x^2$	1,14E-08	1,83E-08	1,54E-10	2,98E-08
$\bar{x}$	3,88E-05	6,24E-05	6,75E-06	3,60E-05
$(\sum x)^2/n$	4,52E-09	1,17E-08	1,37E-10	1,63E-08
Varian ( $s^2$ )	3,42E-09	3,31E-09	8,54E-12	2,25E-09

5) Menghitung Jumlah Kuadrat Antar Group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$JK_A = \sum \frac{(\sum x_A)^2}{n_A} - \frac{(\sum x_T)^2}{N} = 1,63E-08 - 1,17E-08 = 4,69E-09$$

6) Menghitung derajat bebas Antar group dengan rumus:

$$db_A = A - 1 = 3 - 1 = 2 \quad \text{dimana } A = \text{Jumlah group } A$$

7) Menghitung Kuadrat Rerata Antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A} = \frac{4,69E-09}{2} = 2,34E-09$$

8) Menghitung Jumlah Kuadrat Dalam antar Group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum x_T^2 - \frac{(\sum x_A)^2}{n_A} = 2,98E-08 - 1,63E-08 = 1,35E-08$$

9) Menghitung derajat bebas Dalam group dengan rumus:

$$db_D = N - A = 9 - 3 = 6$$

10) Menghitung Kuadrat Rerata Dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D} = \frac{1,35E-08}{6} = 2,25E-09$$



11)  $F_{Hitung}$  dengan rumus

$$F_{Hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{2,34E - 09}{2,25E - 09} = 1,04$$

12) Taraf signifikansi sebesar  $\alpha = 0,05$

13)  $F_{Tabel}$  dengan rumus :

$$F_{Tabel} = F(1-\alpha)(dba,dbd)$$

$$F_{Tabel} = F(1-0,05)(2,6)$$

$$F_{Tabel} = F(0,95)(2,6)$$

$$F_{Tabel} = 5,14$$

$F_{Tabel}$  dapat dilihat di lampiran 5

14) Kriteria pengujian :

Jika  $F_{Hitung} \leq F_{Tabel}$  maka terima  $H_0$  berarti tidak ada perbedaan. Setelah dikonsultasikan dengan Tabel F kemudian dibandingkan antara  $F_{Hitung}$  dengan  $F_{Tabel}$ . Ternyata  $F_{Hitung} < F_{Tabel}$  atau  $1,04 < 5,14$ , maka terima  $H_0$  berarti tidak ada perbedaan.

Kesimpulan :

$H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jadi, tidak terdapat perbedaan pada Permeabilitas Beton antara Semen Holcim, Semen Tiga roda dan Semen Gresik.

## 4.5) Pembahasan

### 4.5.1 Waktu Pengikatan

Dalam pengujian waktu pengikatan yang dilihat adalah waktu yang dibutuhkan semen mencapai penetrasi sampai dengan nol. Sehingga dalam pengujian waktu pengikatan tidak dilakukan uji statistik. Waktu pengikatan akhir adalah berada pada waktu 270 menit, 240 menit, 270 menit, masing-masing pada semen Holcim, semen Tiga roda dan semen Gresik.

Dari ketiga semen tersebut Semen Tiga roda memiliki waktu yang cepat. Waktu pengikatan awal rata-rata yang relatif sama satu dengan yang lain yaitu semen Holcim 60 menit, semen Tiga roda 45 menit, dan semen Gresik 60 menit. Sehingga dalam pengujian waktu pengikatan tidak dilakukan uji statistik.

#### 4.5.2 Permeabilitas Beton

Menunjukkan bahwa pada nilai koefisien permeabilitas beton berada pada rata-rata  $5,06E-06$  cm/det,  $4,56E-05$  cm/det,  $5,06E-06$  cm/det masing-masing pada semen Holcim, semen Tiga roda dan semen Gresik. Dari ketiga semen tersebut Semen Tiga roda memiliki nilai koefisien permeabilitas beton yang tinggi pada umur 28 hari.

Dari uji statistik pun menunjukkan bahwa ketiga jenis semen tersebut antara lain semen Holcim, semen Tiga roda dan semen Gresik memiliki nilai koefisien permeabilitas yang sama. Sehingga hipotesis kami diterima. Hal ini disebabkan karena jumlah benda uji yang kurang banyak, faktor alat yang belum sempurna dan kurangnya ketelitian dalam pengukuran. Jumlah benda uji kurang banyak dikarenakan penguji mengalami kendala dalam mendapatkan alat uji marui sehingga membuat sendiri. Dalam proses pengujiannya alat ini masih mengalami bocor karena kurang melekat penutup atas silinder dengan silinder itu sendiri. Oleh karena itu, sebenarnya tidak terdapat perbedaan terhadap tiga produk semen yang dibuat di Indonesia tersebut.