

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semen merupakan komoditas yang paling penting bagi Indonesia. Sebagai negara berkembang yang terus melakukan pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur akan terus dikerjakan guna meningkatkan perekonomian negara.

Semen berasal dari kata *caementum* (bahasa latin) yang artinya memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan. Sedangkan dalam pengertian nya semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batubata, batako maupun bahan bangunan lainnya. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia semen adalah serbuk atau tepung yang terbuat dari kapur dan material lainnya yang dipakai untuk membuat beton, merekatkan batubata ataupun membuat tembok.

Semen merupakan bahan hidraulis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air, disebut hidrasi, sehingga membentuk material batu padat. Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive*, digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*), yang dipakai bersama-sama dengan batu kerikil dan pasir. Semen dapat dibagi atas 2 kelompok, yaitu:

- a. Semen *non hidraulis* adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contoh semen *non hidraulis (hydraulic binder)* adalah *lime* dimana *lime* ini merupakan perekat klasik dalam bangunan yang dibuat dengan memanaskan *limestone* pada suhu 850°C. CaCO_3 dari *limestone* akan melepaskan CO_2 dan menghasilkan *burn lime* atau *quick lime* (CaO).
- b. Semen *hidraulis* adalah semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Oleh karena mempunyai sifat *hidraulis*, maka semen tersebut bersifat :
 - Dapat mengeras bila dicampur air
 - Tidak larut dalam air
 - Dapat mengeras walau dalam air

Contoh semen hidraulis adalah semen Portland, semen campur, semen khusus dan sebagainya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan dan kondisi lama penyimpanan semen terhadap karakteristik semen portland dengan kualitasnya. Meninjau dari segi karakteristik semen portland diantaranya kehalusan semen portland, berat jenis semen portland, konsistensi normal semen portland, pengikatan awal semen portland. Semen disimpan selama 60 hari di dalam laboratoium Beton Universitas HKBP Nommensen Medan. Kondisi penyimpanan semen adalah satu sampel dibuka (terganggu) dan satu sampel lagi utuh (tidak terganggu). Setelah disimpan selama 60 hari barulah ketiga jenis semen tersebut (Ordinary Portland Cemen, Portland Composit Cement, Portland Pozzoland Cement) mulai dilakukan pengujian.

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yaitu :

1. Memeriksa kehalusan semen portland, berat jenis semen portland, konsistensi normal semen portland dan pengikatan awal semen portland.
2. Lama penyimpanan semen portland tersebut selama 60 hari di Laboratorium Beton Universitas HKBP Nommensen Medan.
3. Kondisi penyimpanan satu sampel dibuka (terganggu) dan satu sampel lagi utuh (tidak terganggu).
4. Bahan dasar percobaan meliputi :
 - Semen padang (Ordinary portland cement, portland composit cement, pozzolan portland cement).
 - Menggunakan air bersih yang terdapat pada Laboratorium Beton di Universitas HKBP Nommensen Medan.
5. Semen ditumpuk di dalam gudang KIM III di Jalan Medan-Belawan
6. Tidak dijelaskan dari Distributor tanggal produksi semen dan lama penyimpanan semen didalam gudang.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perilaku atau karakteristik (kehalusan semen, berat jenis semen, pengikatan awal semen dan konsistensi normal semen) dari semen portland yang disimpan selama 60 hari di laboratorium Beton Universitas HKBP Nommensen Medan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan data dan informasi kepada masyarakat tentang pengaruh dari semen yang disimpan selama 60 hari di laboratorium.
2. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan terhadap beton.

1.6 Metodologi Penulisan

Dalam penelitian tugas akhir ini, data - data yang dipergunakan adalah hasil pengujian laboratorium, juga menggunakan teori - teori dan rumus-rumus serta keterangan yang berkaitan dengan pengujian semen, tahap-tahap pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Studi literatur dari berbagai sumber yang berhubungan dengan pengujian tersebut untuk penulisan laporan awal (BAB I : PENDAHULUAN, BAB II : TINJAUAN PUSTAKA, dan BAB III : LANDASAN TEORI), BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN, BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN
2. Pengambilan data-data perencanaan dan dokumentasi yang terdapat di Laboratorium Beton Universitas HKBP Nommensen, Medan.
3. Pemeriksaan bahan, pengujian, pengolahan data, dan pembahasan.
4. Kesimpulan dan saran.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara garis besar isi dari setiap bab yang dibahas pada tugas akhir ini, adapun sistematika penulisan nya adalah sebagai berikut Bab I adalah Pendahuluan bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan

penelitian, manfaat penelitian, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan. Berikut nya adalah Bab II bab ini berisi pengetahuan umum mengenai semen, sejarah semen, spesifikasi Semen Padang dari ketiga jenis tipe semen (Ordinary Portland Cement, Portland Composit Cement, Portland Pozzoland Cement), keuntungan dan kerugian dari tiap jenis – jenis semen, bahan baku penyusun semen, proses produksi dari semen, serta cara – cara dari penyimpanan semen.

Berikut nya Bab III Bab ini berisi waktu dilakukan nya penelitian, tempat penelitian berlangsung, dan prosedur dari percobaan kehalusan semen portland, berat jenis semen portland, konsistensi normal semen portland, pengikatan awal semen portland. Berikut nya Bab IV Bab ini memaparkan hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Beton Universitas HKBP Nommensen MEDAN. Berikut nya Bab V pad bab ini akan dirangkum kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini, dan saran yang diharapkan dapat dijadikan perbaikan penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Semen adalah bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air, yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 macam yaitu *clincer*/terak semen (70% hingga 95%, merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan tanah liat), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat (pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, *pozzolan*, abu terbang (*fly ash*) dan lain-lain. Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3% umumnya masih memenuhi kualitas OPC (*Ordinary Portland Cement*). Namun bila kandungan material ketiga lebih tinggi hingga sekitar 25% maksimum, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (*Portland Composite Cement*).

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia semen adalah serbuk dan tepung yang terbuat dari kapur dan material lainnya yang dipakai untuk membuat beton, merekatkan batu bata ataupun membuat tembok.

2.2 Sejarah Semen

Beton mulai ditinggalkan orang seiring dengan mundurnya kerajaan Romawi. Baru sekitar tahun 1790 J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan dibakar akan mengeras didalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang dibuat oleh bangsa Romawi.

Penyelidikan lebih lanjut mengarah pada kepentingan komersial dilakukan oleh J.Parker pada masa yang sama. Bahkan bahan tersebut mulai digunakan sekitar awal abad ke-19 di Inggris dan kemudian di Prancis. Karya konstruksi sipil pertama dikerjakan pada tahun 1816 di Soillac Prancis berupa jembatan yang dibuat dengan beton tak bertulang. Nama semen portland (*Portland Cement*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824 karena campuran air pasir, dan batu - batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah dipulau Portland dekat pantai Dorset Inggris. Semen

portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak saat itu semen portland berkembang dan terus dibuat sesuai dengan kebutuhan.

Indonesia telah memiliki banyak pabrik semen portland modern dengan mutu internasional. Pabrik yang tersebar di Sumatra, Jawa dan Sulawesi antara lain :

1. Pabrik semen Indarug yang memproduksi Semen Padang di Padang, Sumatra Barat serta pabrik semen Baturaja yang memproduksi semen Tiga Gajah. Keduanya terletak di Sumatra.
2. Pabrik Semen di Gresik, Semen Cibinong Semen Tiga Roda dan Semen Nusantara di Jawa.
3. Pabrik Semen Tonasa di Sulawesi

Dan sampai sekarang semen semen tersebut masih tetap di produksi seiring dengan berkembangnya infrastruktur saat ini.

2.3 Spesifikasi Semen Padang

Adapun spesifikasi dari **Semen Padang** yaitu :

2.3.1 Semen Portland Komposit (PCC = Portland Composit Cement)

Berdasarkan SNI-15-2049-2015 tentang spesifikasi semen Portland, *Portland Composite Cement* (PCC) didefinisikan sebagai pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama sama klinker semen Portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bahan organik lain. Bahan anorganik antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen. Dari uraian tersebut maka PCC termasuk kedalam kategori *special blended cement* yang memiliki spesifikasi berbeda dengan semen OPC. Bahan - bahan anorganik yang terdapat dalam semen PCC tersebut merupakan bahan bahan mineral yang memiliki sifat pozzolonik atau memiliki sifat pozzolan yaitu bahan - bahan mineral yang unsur - unsur nya tidak memiliki sifat semen secara mandiri, namun bila bereaksi dengan kalsium oksida dan air pada temperatur biasa, bisa membentuk senyawa yang mempunyai ciri - ciri semen PCC merupakan salah satu jenis produk semen yang dirancang untuk memenuhi

kebutuhan khusus, baik pada aspek teknis maupun pada aspek biaya yang tidak bisa dipenuhi oleh semen portland biasa (OPC) .

Kadar silika yang tinggi dari bahan pozzolan tersebut akan menyebabkan jenis semen ini agak lambat mengeras dan panas hidrasinya rendah, namun kekuatan beton masih dapat meningkat lagi secara signifikan berumur 28 hari. Walaupun kekuatan awalnya relatif rendah, namun dengan perawatan yang baik dan teratur bisa menghasilkan kekuatan akhir yang tidak jauh berbeda dengan penggunaan semen Portland normal. Disamping itu, karena sifat pozzolan yang mampu mengikat kalsium-hidroksida, maka kekuatan beton yang dihasilkan terhadap korosi sulfat juga akan menjadi lebih baik. Demikian pula terhadap pengaruh reaksi alkali agregat, semen PCC pada umumnya menunjukkan ketahanan yang lebih baik dibandingkan semen Portland biasa pada kondisi tertentu. Karena sifat sifat tersebut maka PCC dapat digunakan pada bangunan - bangunan yang memiliki massa besar seperti dam atau komponen pondasi yang memiliki volume besar dan dengan kondisi air tanah yang korosif atau juga untuk bangunan sipil pada lingkungan yang agresif sulfat seperti dermaga dan bangunan bangunan lain yang mengkondisikan panas hidrasi rendah dan tidak memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi elemen.

2.3.2 Semen Portland Pozzoland (PPC = Portland Pozzoland Cement)

Semen Portland Pozzolan didefinisikan sebagai suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozzoland, atau gabungan antara menggiling dan mencampur , dimana kadar pozzoland 6% sampai dengan 40% massa semen portland. Semen yang memenuhi persyaratan mutu semen Portland Pozzoland SNI 15-0302-2004 dan ASTM C 595 M-05. Dapat digunakan secara luas seperti :

- A. Konstruksi beton massa (bendungan, dam, dan irigasi)
- B. Konstruksi beton yang memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat (Bangunan tepi pantai, tanah rawa)
- C. Bangunan/instalasi yang memerlukan kedekatan yang lebih tinggi
- D. Pekerjaan pasangan dan plesteran

Pozzolan sendiri merupakan material alam yang mengandung banyak unsur silikat dan aluminat yang reaktif

Karakteristik Portland Pozzolan Cement:

1. Ciri utama Portland Pozzolan Cement adalah dapat menghasilkan sedikit hidrasi panas dan memiliki daya tahan yang lebih besar terhadap air dari pada portland cement biasa.
2. Portland Pozzolan Cement dapat mengurangi pelepasan kalsium hidroksida selama masa pengaturan dan hidrasi semen.
3. Memiliki kekuatan awal yang cenderung rendah.
4. Jenis ini juga memiliki berat jenis yang jauh lebih rendah daripada portland cement biasa.
5. Karena sudah mengandung silika, penggunaan material pozzolan dapat mengurangi biaya pembuatan semen tanpa mengubah sifat semen.
6. Pembuatannya yang berasal dari limbah daur mengurangi pencemaran lingkungan dalam masa produksi.
7. Ideal untuk konstruksi umum yang tidak memerlukan kekuatan tinggi.
8. Kelebihan portland pozzolan cement adalah memiliki ketahanan yang tinggi terhadap garam dan asam sulfat yang menjadikan semen portland pozzolan sangat cocok untuk struktur konstruksi hidrolis, pengecoran massal, plasteran, konstruksi dekat pantai dan pembuatan beton dikeadaan yang agresif.

2.3.3 Semen Portland (OPC = Ordinary Portland Cement)

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis- jenis semen portland (OPC) dikelompokkan berdasarkan penggunaannya sebagai berikut :

- Type I : Semen portland untuk penggunaan umum tidak memerlukan persyaratan - persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

- Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.
- Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekutan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
- Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Penggunaan Semen Portland :

1. Digunakan untuk tujuan konstruksi umum dimana properti khusus tidak diperlukan seperti bangunan beton bertulang, jembatan, trotoar, dan dimana kondisi ditanah normal.
2. Digunakan untuk sebagian besar unit pasangan bata beton.

Keuntungan Semen Portland :

1. Memiliki ketahanan besar terhadap retak dan susut tetapi memiliki resistensi yang lebih kecil terhadap serangan kimia.
2. Waktu pengaturan awal OPC lebih cepat dari pada PPC sehingga direkomendasikan dalam proyek proyek dimana alat peraga harus dihapus lebih awal.

Kerugian Semen Portland :

1. Tidak dapat digunakan untuk pembetonan jumlah besar karna memiliki panas hidrasi yang tinggi dibandingkan dengan PPC.
2. Daya tahan beton yang dibuat menggunakan OPC kurang dari beton yang dibuat menggunakan PPC.
3. Menghasilkan beton yang relatif kurang kohesif dari pada PPC.
4. Memiliki kehalusan yang lebih rendah karena permeabilitas yang lebih tinggi dan hasilnya memiliki daya tahan yang lebih rendah.
5. OPC lebih mahal dari PPC.

2.4 Bahan – Bahan Penyusun Semen

2.4.1 Bahan Baku Utama

a. Batu Kapur (*Limer Stone*)

Batu kapur merupakan komponen yang banyak mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dengan sedikit tanah liat, magnesium karbonat, alumina silikat dan senyawa oksida lainnya. Senyawa besi dan organik menyebabkan batu kapur berwarna abu-abu hingga kuning. . Batu kapur murni biasanya berupa Calspar (kalsit) dan aragonite. Berat jenis kalsit dan aragonite adalah sekitar 2,7 dan 2,95. Kekerasan batu kapur antara 1,8 – 3,0 skala Mesh, warna pada batu kapur dipengaruhi oleh tingkat kandungan unsur-unsur besi, clay (tanah liat), dan MgO. Batu kapur ini memberikan kandungan CaO dan sedikit mengandung MgO.

b. Tanah Liat (*Clay*)

Komponen utama pembentuk tanah liat adalah senyawa Alumina Silikat Hidrat. Klasifikasi senyawa alumina silikat berdasarkan kelompok mineral yang dikandungnya. Tanah liat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) merupakan bahan baku semen yang mempunyai sumber utama senyawa silikat dan aluminat dan sedikit senyawa besi. Tanah liat memiliki berat molekul 796,40 g/gmol dan secara umum mempunyai warna cokelat kemerah-merahan serta tidak larut dalam air, pasir, besi dan silikat. Bahan ini merupakan bahan koreksi tepung baku, digunakan sebagai pelengkap komponen kimia esensial yang diperlukan untuk pembuatan semen. Berfungsi sebagai retarder atau memperlambat proses pengerasan dari semen. Hilangnya kristal air pada gipsum menyebabkan hilangnya atau berkurangnya sifat gipsum sebagai retarder.

Tabel 2.1. Sifat – Sifat Fisika Batu Kapur dan Tanah Liat

No	Sifat-Sifat Bahan	Komponen Bahan Baku	
		Batu Kapur	Tanah Liat
1	Rumus Kimia	CaCO ₃	Al ₂ O ₃ .K ₂ O.6SiO ₂ .2H ₂ O
2	Berat Molekul	100,09 g/gmol	796,40 g/gmol
3	Densitas	2,71 g/ml	2,9 g/ml
4	Titik Leleh	1339 ⁰ C	Terurai pada 1450 ⁰ C
5	Warna	Putih keabu-abuan	Coklat kemerahan
6	Kelarutan	Larut dalam air, asam NH ₄ Cl	Tidak larut dalam air, asam, pelarut lain

(Sumber: Perry, R. H, tahun 1998)

2.4.2 Bahan Baku Penunjang

Bahan baku penunjang adalah bahan mentah yang dipakai hanya apabila terjadi kekurangan salah satu komponen pada pencampuran bahan mentah. Pada umumnya, bahan baku korektif yang digunakan mengandung oksida silika, oksida alumina dan oksida besi yang diperoleh dari pasir silika (silica sand) dan pasir besi (iron sand). Adapun bahan baku penunjang dari semen tersebut adalah :

a. Pasir Silika (silica sand)

Pasir silika digunakan sebagai pengkoreksi kadar SiO₂ (Silikon Dioksida) dalam tanah liat yang rendah. Pasir silika digunakan sebanyak ± 9%, pada umumnya pasir silika terdapat bersama oksida logam lainnya, semakin murni kadar SiO₂ semakin putih pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO₂ semakin berwarna merah atau coklat pasir silikanya, disamping itu semakin mudah menggumpal karena kadar air nya yang tinggi. Pasir silika yang baik untuk pembuatan semen adalah dengan kadar SiO₂ ± 90%.

b. Pasir Besi (Iron sand)

Pasir besi digunakan sebagai pengkoreksi kadar Fe₂O₃ (Ferri Oksida) yang biasanya dalam bahan baku utama masih kurang. Fe₂O₃ berfungsi sebagai penghantar panas dalam proses pembuatan terak semen. Kadar yang baik dalam pembuatan semen yaitu Fe₂O₃ ± 75%-80%.

Tabel 2.2 Sifat-Sifat Fisika Dan Kimia Pasir Besi Dan Silika

No	Sifat-Sifat Bahan	Komponen Bahan Baku	
		Pasir Silika	Pasir Besi
1	Rumus Kimia	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
2	Berat Molekul	60,06 g/gmol	159,70 g/gmol
3	Densitas	1,32 g/ml	5,12 g/ml
4	Titik Leleh	1710 ⁰ C	1560 ⁰ C
5	Titik didih	2230 ⁰ C	-
6	Warna	Coklat keputihan	Hitam
7	Kelarutan	Tidak larut dalam air, alkali tetapi larut dalam HF	Tidak larut dalam air, tetapi larut dalam HCl

(Sumber: Perry, R. H, tahun 1998)

Adapun senyawa-senyawa yang mempengaruhi berat semen adalah

1. Senyawa trikalsium silikat (C₃S)

Semakin tinggi kadar C₃S pada komposisi semen maka akan tinggi pula kualitas semen tersebut. Karena semen tersebut akan mempunyai kekuatan yang tinggi dan mempunyai dan proses pengerasan yang lebih cepat.

2. Senyawa 3CaOSiO₂

Yaitu senyawa mineral semen dengan jumlah 32 sampai 52% dari berat semen.

2.4.3 Bahan Tambahan

1. Gypsum

Di dalam proses penggilingan terak ditambahkan bahan tambahan Gypsum sebanyak 4-5%. Gypsum dengan rumus kimia CaSO₄.2H₂O merupakan bahan yang harus ditambahkan pada proses penggilingan klinker menjadi semen. Fungsi gypsum adalah mengatur waktu pengikatan daripada semen atau yang dikenal dengan sebutan retarder.

2. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang adalah bagian dari sisa pembakaran batubara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus amorf dan bersifat Pozzolan yang dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat.

2.4.4 Semen Padang

Secara umum proses produksi semen terdiri dari beberapa tahapan :

1. Tahap penambangan bahan mentah (quarry). Bahan dasar semen adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silica. Bahan-bahan ditambang dengan menggunakan alat-alat berat kemudian dikirim ke pabrik semen.
2. Bahan mentah ini diteliti dilaboratorium, kemudian dicampur dengan proporsi yang tepat dan dimulai tahap penggilingan awal bahan mentah dengan mesin penghancur sehingga berbentuk serbuk.
3. Bahan kemudian dipanaskan di preheater
4. Pemanas dilanjutkan didalam kiln sehingga bereaksi membentuk kristal klinker.
5. Kristal klinker ini kemudian didinginkan di cooler dengan bantuan angin. Panas dari proses pendinginan ini dialirkan lagi ke preheater untuk menghemat energi.
6. Klinker ini kemudian dihaluskan lagi dalam tabung yang berputar yang berisi bola-bola baja sehingga menjadi serbuk semen yang halus.
7. Klinker yang telah halus ini disimpan dalam silo (tempat penyimpanan semen mirip tangki minyak pertamina).
8. Dari silo ini semen dipak dan dijual ke konsumen.

Pada dasarnya terdapat 2 metode dalam proses pembuatan Semen Padang, yaitu :

➤ Proses basah

Proses ini dilakukan bila bahan-bahan yang diolah dalam bentuk lunak seperti batu kapur bercampur lempung. Prosesnya adalah sebagai berikut :

1. Tanah liat dan air diaduk kemudian dibersihkan didalam bejana dipindahkan kebejana lain dengan kadar air 35 - 50 %.
2. Batu kapur digiling di jaw dan roll crusher ditambah air kemudian diaduk dalam ballmill dengan kadar air 35 – 50 %.
3. Penambahan bahan-bahan koreksi bila dibutuhkan.
4. Semua bahan dicampur kemudian dimasukkan kedalam tungku putar untuk dibakar, dimana pembakaran dilakukan secara bertahap yaitu :
 - Pengeringan, suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$.

- Pemanasan pendahuluan , suhu $120^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$.
- Kalsinasi (penguraian kapur, kapur berubah susunan kimianya, karbondioksida keluar), $850^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$.
- Sinterering (pelelehan), dimana pada suhu $1100^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C}$ terjadi perpaduan diantara oksida – oksida tersebut sehingga membentuk senyawa kalsiumsilikat dan kalsiumaluminat pada terak/klinker semen.
- Pendingin terak, suhu $1450^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$.

5. Setelah dibakar maka terbentuklah klinker yang masih panas kemudian dari tungku dipindahkan ketempat penyimpanan.
6. Ditempat ini klinker dibiarkan mendingin sampai mencapai suhu $< 90^{\circ}\text{C}$.
7. Setelah itu ditimbun sampai mencapai suhu ruang.
8. Ditambahkan gips asli berbentuk kalsium hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebanyak $\pm 2 - 4 \%$ kemudian digiling bersama – sama klinker dalam ballmill.
9. Diayak dengan ayakan 75 mikron atau lebih halus lagi untuk semen mengeras cepat.
10. Ditempatkan dalam silo – silo penyimpanan.
11. Dikemas dalam kantong 50 kg.
12. Didistribusikan.

Keuntungan Dan Kerugian Proses Basah :

Keuntungan proses basah adalah kadar alkalis, klorida, dan sulfat tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran material masuk kiln. Deposit yang tidak homogen tidak berpengaruh karena mudah untuk mencampur dan mengoreksinya. Pencampuran dan koreksi slurry lebih mudah karena berupa larutan. Fluktuasi kadar air tidak berpengaruh pada proses.

Kerugian proses basah adalah baik digunakan hanya bila kadar air bahan bakunya cukup tinggi. Pada waktu pembakaran memerlukan banyak panas, sehingga konsumsi bahan bakar lebih banyak kiln yang dipakai lebih

panjang karena proses pengeringan yang terjadi dalam kiln menggunakan 22% panjang kiln.

➤ Proses Semi Basah

Pada proses ini penyediaan umpan tanur hampir sama dengan proses basah, namun umpan tanur yang akan diberikan, disaring terlebih dahulu dengan press filter. Filter cake dengan kadar 15 – 25% digunakan sebagai umpan tanur. Konsumsi panas yang digunakan pada proses ini cukup besar sekitar 1000 – 1200 Kcal/Kg klinker. Proses ini jarang digunakan karena biaya produksinya yang terlalu besar dan kurang menguntungkan.

➤ Proses Semi Kering

Proses ini dikenal dengan nama grate process yang merupakan transisi antara proses basah dan kering. Pada proses ini umpan tanur disemprot air dengan alat yang bernama granulator (pelletizer) untuk mengubah umpan tanur menjadi granular atau nodule dengan kandungan air 10 – 12% dan ukurannya 10 -12 mm seragam. Proses ini menggunakan tungku tegak (shaft kiln) atau long rotary kiln. Konsumsi panas untuk proses ini sebesar 1000 Kcal/Kg klinker.

➤ Proses Kering

Proses kering biasanya digunakan untuk jenis batuan yang lebih keras misalnya untuk batu kapur jenis *shale*. Pada proses ini bahan dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya, bahan tersebut dimasukkan kedalam *ciln* dan proses selanjutnya sama dengan proses basah. Berikut proses dilakukannya pembuatan semen :

1. Bahan baku dipecah menjadi butiran agak halus lalu dikeringkan dalam bejana-bejana pengering.
2. Bahan yang telah kering digiling halus menjadi tepung dan masing-masing bahan ini dipisahkan tersendiri, kemudian dicampur dalam perbandingan tertentu sesuai dengan perhitungan komposisi yang dikehendaki dan dicampur dalam mesin pencampur berputar.
3. Bahan berbentuk tepung ini dimasukkan dalam system pembakaran yang terdiri dari :

- Dilakukan pemanasan pendahuluan pada alat pemanas, pendahuluan berbentuk “cyclone preheater” atau yang lebih modern “suspension preheater”.
 - Dilakukan kalsinasi pada alat kalsinator untuk menguraikan kapur menjadi kapur oksida pada suhu 900°C
 - Dibakar pada tungku putar yang jauh lebih pendek dari tungku pada proses basah sampai terjadi leburan bahan menjadi terak/klinker semen.
4. Setelah dibakar maka terbentuklah klinker yang masih panas kemudian dari tungku dipindahkan ketempat penyimpanan.
 5. Ditempat ini klinker dibiarkan mendingin sampai mencapai suhu < 90°C.
 6. Setelah itu ditimbun sampai mencapai suhu ruang.
 7. Ditambahkan gips asli berbentuk kalsium sulfat hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebanyak $\pm 2 - 4 \%$ kemudian digiling bersama-sama klinker dalam ballmill.
 8. Diayak dengan ayakan 75 mikron atau lebih halus lagi untuk semen mengeras cepat.
 9. Ditempatkan dalam silo-silo penyimpanan.
 10. Dikemas dalam kantong 50 kg.
 11. Didistribusikan.

Keuntungan Dan Kerugian Proses Kering

Adapun keuntungannya adalah kiln yang digunakan relatif pendek, kebutuhan panas lebih rendah. Dan kerugiannya adalah rata – rata kapasitas kiln lebih besar fluktuasi kadar air mengganggu operasi, karena material lengket di inlet kiln. Terjadi penebalan/penyempitan disaluran pipa kiln.

2.4.4.1 Tahapan Proses Produksi Semen

Pembuatan semen dengan proses kering di PT. Semen Padang meliputi 5 tahap, yaitu :

1. Tahap Penambangan dan Penyiapan Bahan Mentah

Penyediaan Batu Kapur

Pengambilan batu kapur dilaksanakan dengan cara penambangan menggunakan bahan peledak. Tahap-tahap penambangan batu kapur yaitu :

- *Stripping*, yaitu pengupasan atau pembukaan lapisan kerak dari batu bukit karang sehingga diperoleh lapisan batu kapur.
- *Borring*, yaitu pengeboran dengan menggunakan alat *crawler drill* dan *drill master* dengan tenaga udara tekan dari *compressor*. Pengeboran logam berdiameter 5,5 inchi ini dimaksudkan untuk menanamkan peledak.
- *Blasting*, yaitu proses peledakan dengan menggunakan dinamit dan bahan pencampur berupa amonium nitrat dan fuel oil (ANFO).
- *Dozing*, yaitu proses pengumpulan batu kapur yang telah diledakkan dengan menggunakan dozer untuk selanjutnya ditransportasikan ketempat penampungan.
- *Crushing*, yaitu memperkecil ukuran material sampai ukuran yang dikehendaki. Proses ini berlangsung diarea penambangan.
- Pengiriman material ke silo penyimpanan. Transportasi material dengan menggunakan *belt conveyor*.

Penyediaan Tanah Liat (Clay)

Penambangan tanah liat hampir sama dengan penambangan batu kapur hanya saja tanpa proses pengeboran dan peledak.

Tahapannya adalah :

- *Clearing*
- *Stripping*
- *Drigging dan loading*
- *Hauling*

2. Tahap Penggilingan dan Pencampuran Bahan Mentah

Pada tahap ini bahan baku yang telah dipersiapkan dalam komposisi yang cocok digiling sampai mencapai kehalusan tertentu. Proses ini dilakukan dalam *raw mill (tromol tanah)*. Fungsi raw mill yaitu menggiling bahan mentah, proses pencampuran awal (*bleding*), proses pengeringan raw mix dan proses homogenitas raw mix.

Ada dua tipe raw mill yang dipakai oleh PT. Semen Padang untuk penggilingan bahan baku menjadi raw mix yaitu tipe vertikal dan tipe horizontal.

Perbedaan ini terletak pada posisi raw mill terhadap aliran bahan baku sewaktu penggilingan.

Perbedaan pembuatan basah dan kering, yaitu :

- Penggilingan basah.

Campuran bahan mentah digiling dan raw mill dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu, biasanya 30 - 40%. Didalam raw mill terdapat *Grinding media* yaitu berupa bola-bola berdiameter 30-90 mm. Mill tersebut berputar, maka terjadilah putaran antara grinding media. Campuran bahan mentah yang telah menjadi cairan keluar dari raw mill disebut *slurry*. Agar slurry yang dihasilkan lebih homogen maka dilakukan proses *homogenizing* yaitu mengaduknya secara mekanik atau menggunakan udara tekan didalam bak penampungan.

- Penggilingan kering

Pada proses ini material yang akan digiling dikeringkan terlebih dahulu sampai material mengandung kadar air maksimum yang diizinkan. Penggilingan dapat dilakukan sebelum penggilingan. Proses ini disebut *Drying and Grinding*. Cara pengeringan yang lain adalah pengeringan yang dilakukan sambil penggilingan bahan mentah yang disebut *Drying During Grinding*. Untuk mengeringkan material dipakai gas panas yang keluar dari *Kiln*, gas buang dari mesin diesel atau gas panas dari alat yang disebut *Hot Air Generation*. Campuran bahan mentah yang sebelumnya mengandung air 6-11% setelah penggilingan kadar airnya menjadi 0,8%. Material bubuk hasil penggilingan ini disebut *raw mix*.

3. Tahap Pembakaran

Dalam proses pembakaran dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu :

- a. Pemanasan Awal (***Preheating***)

Setelah mengalami homogenisasi di blending silo, material terlebih dahulu ditampung ke dalam kiln feed bin. Alat utama yang digunakan untuk proses pemanasan awal bahan baku adalah suspension pre-heater. Suspension preheater merupakan salah satu peralatan produksi untuk memanaskan awal bahan baku sebelum masuk ke dalam rotary kiln. Suspension preheater terdiri dari siklon untuk memisahkan bahan baku dari gas pembawanya, riser duct yang lebih berfungsi sebagai tempat

terjadinya pemanasan bahan baku (karena hampir 80% -90% pemanasan debu berlangsung di sini), dan kalsiner untuk sistem-sistem dengan proses prekalsinasi yang diawali di SP ini. Pada awalnya proses pemanasan bahan baku terjadi dengan mengalirkan gas hasil sisa proses pembakaran di kiln melalui suspension preheater ini. Namun dengan berkembangnya teknologi, di dalam suspension preheater proses pemanasan ini dapat dilanjutkan dengan proses kalsinasi sebagian dari bahan baku, asal peralatan suspension preheater ditambah dengan kalsiner yang memungkinkan ditamhkannya bahan bakar (dan udara) untuk memenuhi kebutuhan energi yang diperlukan untuk proses kalsinasi tersebut. Peralatan terakhir ini sudah banyak ditemui untuk pabrik baru dengan kapasitas produksi yang cukup besar, dan disebut dengan suspension preheater dengan kalsiner.

Suspension pre-heater yang digunakan terdiri dari 2 bagian, yaitu in-line calciner (ILC) dan separate line calciner (SLC). Material akan masuk terlebih dahulu pada cyclone yang paling atas hingga keluar dari cyclone kelima. Setelah itu, material akan masuk ke dalam rotary kiln.

Penggunaan kalsiner mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Diameter kiln dan thermal load-nya lebih rendah terutama untuk kiln dengan kapasitas besar. Pada sistem suspension preheater tanpa kalsiner, 100% bahan bakar dibakar di kiln. Dengan kalsiner ini, dibandingkan dengan kiln yang hanya menggunakan SP saja, maka suplai panas yang dibutuhkan di kiln hanya 35% - 50%. Biasanya sekitar 40 % bahan bakar yang dibakar di dalam kiln, sementara sisanya dibakar di dalam kalsiner. Sebagai konsekuensinya untuk suatu ukuran kiln tertentu, dengan adanya kalsiner ini, kapasitas produksinya dapat mencapai hampir dua kali atau dua setengah kali lipat dibanding apabila kiln tersebut dipergunakan pada sistem suspension preheater tanpa kalsiner. Kapasitas kiln spesifik, dengan penggunaan kalsiner ini, bisa mencapai 4,8 TPD/m³.
- Di dalam kalsiner dapat digunakan bahan bakar dengan kualitas rendah karena temperatur yang diinginkan di kalsiner relatif rendah

(850 - 900 °C), sehingga peluang pemanfaatan bahan bakar dengan harga yang lebih murah, yang berarti dalam pengurangan ongkos produksi, dapat diperoleh.

- Dapat mengurangi konsumsi refraktori kiln khususnya di zona pembakaran karena thermal load-nya relatif rendah dan beban pembakaran sebagian dialihkan ke kalsiner.
- Emisi NO_x-nya rendah karena pembakaran bahan bakarnya terjadi pada temperatur yang relatif rendah.
- Operasi kiln lebih stabil sehingga bisa memperpanjang umur refraktori.
- Masalah senyawa yang menjalani sirkulasi (seperti alkali misalnya) relatif lebih mudah diatasi.

b. Pembakaran (*Firing*)

Alat utama yang digunakan adalah tanur putar atau rotary kiln. Di dalam kiln terjadi proses kalsinasi (hingga 100%), sintering, dan clinkering. Temperatur material yang masuk ke dalam tanur putar adalah 800 - 900 °C, sedangkan temperatur clinker yang keluar dari tanur putar adalah 1100 -1400 °C. Kiln berputar (rotary kiln) merupakan peralatan utama di seluruh unit pabrik semen, karena di dalam kiln akan terjadi semua proses kimia pembentukan klinker dari bahan bakunya (raw mix). Secara garis besar, di dalam kiln terbagi menjadi 3 zone yaitu zone kalsinasi, zone transisi, dan zone sintering (klinkerisasi). Perkembangan teknologi mengakibatkan sebagian zone kalsinasi dipindahkan ke suspension preheater dan kalsiner, sehingga proses yang terjadi di dalam kiln lebih efektif ditinjau dari segi konsumsi panasnya. Proses perpindahan panas di dalam kiln sebagian besar ditentukan oleh proses radiasi sehingga diperlukan isolator yang baik untuk mencegah panas terbuang keluar. Isolator tersebut adalah batu tahan api dan coating yang terbentuk selama proses. Karena fungsi batu tahan api di tiap bagian proses berbeda maka jenis batu tahan api disesuaikan dengan fungsinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan coating antara lain :

1. Komposisi kimia raw mix

2. Konduktivitas termal dari batu tahan api dan coating
3. Temperatur umpan ketika kontak dengan coating
4. Temperatur permukaan coating ketika kontak dengan umpan
5. Bentuk dan temperatur flame

Pada zone sintering fase cair sangat diperlukan, karena reaksi klinkerisasi lebih mudah berlangsung pada fase cair. Tetapi jumlah fase cair dibatasi 20-30 % untuk memudahkan terbentuknya coating yang berfungsi sebagai isolator kiln.

Pada kiln tanpa udara tertier hampir seluruh gas hasil pembakaran maupun untuk pembakaran sebagian bahan bakar di calciner melalui kiln. Karena di dalam kiln diperlukan temperatur tinggi untuk melaksanakan proses klinkerisasi, maka kelebihan udara pembakaran bahan bakar di kiln dibatasi maksimum sekitar 20 – 30%, tergantung dari bagaimana sifat rawmeal mudah tidaknya dibakar (burnability of the rawmix). Dengan demikian maksimum bahan bakar yang dibakar di in-line calciner adalah sekitar 20 – 25%. Pada umumnya calciner jenis ini bekerja dengan pembakaran bahan bakar berkisar antara 10% hingga 20% dari seluruh kebutuhan bahan bakar, karena pembakaran di calciner juga akan menghasilkan temperatur gas keluar dari top cyclone yang lebih tinggi yang berarti pemborosan energi pula. Sisa bahan bakar yang berkisar antara 80% hingga 90% dibakar di kiln. Untuk menaksir seberapa kelebihan udara pembakaran di kiln dalam rangka memperoleh operasi kiln yang baik akan dilakukan perhitungan tersendiri. Kiln tanpa udara tertier dapat beroperasi dengan cooler jenis planetary sehingga instalasi menjadi lebih sederhana dan konsumsi daya listrik lebih kecil dibanding dengan sistem kiln yang memakai cooler jenis grate.

Pada kiln dengan udara tertier, bahan bakar yang dibakar di kiln dapat dikurangi hingga sekitar 40% saja (bahkan dapat sampai sekitar 35%), sedangkan sisanya yang 60% dibakar di calciner. Dengan demikian beban panas yang diderita di kiln berkurang hingga tinggal sekitar 300 kkal/kg klinker. Karena dimensi kiln sangat bergantung pada jumlah bahan bakar yang dibakar, maka secara teoritis kapasitas produksi kiln dengan ukuran

tertentu menjadi sekitar 2,5 kali untuk sistem kiln dengan udara tertier dibanding dengan kiln tanpa udara tertier. Sebagai contoh untuk kapasitas 4000 ton per hari (TPD), kiln tanpa udara tertier membutuhkan diameter sekitar 5,5 m. Sedangkan untuk kiln dengan ukuran yang sama pada sistem dengan udara tertier misalnya sistem SLC dapat beroperasi maksimum pada kapasitas sekitar 10.000 TPD. Namun kiln dengan udara tertier harus bekerja dengan cooler jenis grate cooler sehingga diperlukan daya listrik tambahan sekitar 5 kWh/ton klinker dibanding kiln dengan planetary cooler.

c. Pendinginan (*Cooling*)

Alat utama yang digunakan untuk proses pendinginan klinker adalah cooler. Selanjutnya klinker dikirim menuju tempat penampungan klinker (klinker silo) dengan menggunakan alat transportasi yaitu pan conveyor.

Laju kecepatan pendinginan klinker menentukan komposisi akhir klinker. Jika klinker yang terbentuk selama pembakaran didinginkan perlahan maka beberapa reaksi yang telah terjadi di kiln akan berbalik (reverse), sehingga C3S yang telah terbentuk di kiln akan berkurang dan terlarut pada klinker cair yang belum sempat memadat selama proses pendinginan. Dengan pendinginan cepat fasa cair akan memadat dengan cepat sehingga mencegah berkurangnya C3S.

Fasa cair yang kandungan SiO₂-nya tinggi dan cair alumino-ferric yang kaya lime akan terkristalisasi sempurna pada pendinginan cepat. Laju pendinginan juga mempengaruhi keadaan kristal, reaktivitas fasa klinker dan tekstur klinker. Pendinginan klinker yang cepat berpengaruh pada perilaku dari oksida magnesium dan juga terhadap soundness dari semen yang dihasilkan. Makin cepat proses pendinginannya maka kristal periclase yang terbentuk semakin kecil yang timbul pada saat kristalisasi fasa cair. Klinker dengan pendinginan cepat menunjukkan daya spesifik yang lebih rendah. Hal ini disebabkan proporsi fasa cair yang lebih besar dan sekaligus ukuran kristalnya lebih kecil.

4. Tahap Penggilingan Akhir

Bahan baku proses pembuatan semen terdiri dari :

1. Bahan baku utama, yaitu terak/clinker.
2. Bahan baku korektif/penolong yaitu gypsum.
3. Bahan baku aditif yaitu trass, fly ash, slag, dan lain-lain.

Finish mill/penggilingan akhir adalah sebuah proses menggiling bersama antara terak 3% - 5% gypsum natural atau sintesis (untuk pengendalian setting dinamakan retarder) dan beberapa jenis aditif (pozzolan, slag, batu kapur) yang ditambahkan dalam jumlah tertentu, selama memenuhi kualitas dan spesifikasi semen yang dipersyaratkan. Proses penggilingan terak secara garis besar dibagi menjadi sistem penggilingan open circuit dan sistem penggilingan closed circuit. Dalam open circuit panjang shell sekitar 4 – 5 kali dari diameter untuk mendapatkan kehalusan yang diinginkan. Sedangkan dalam closed circuit panjang shell sekitar 3 kali diameter atau kurang untuk mempercepat produk yang lewat. Separator bekerja sebagai pemisah sekaligus pendingin produk semen. Horizontal Tube Mill/Ball Mill adalah peralatan giling yang sering dijumpai di berbagai industri semen, meskipun sekarang sudah mulai dijumpai vertical mill untuk menggiling terak menjadi semen. Material yang telah mengalami penggilingan kemudian diangkat oleh bucket elevator menuju separator. Separator berfungsi untuk memisahkan semen yang ukurannya telah cukup halus dengan ukuran yang kurang halus. Semen yang cukup halus akan dibawa udara melalui cyclone, kemudian ditangkap oleh bag filter yang kemudian akan ditransfer ke dalam cement silo. Pada tahap ini klinker yang telah berada dalam *domesilo* diumpangkan bersama Gypsum kedalam *cemen mill*. Didalam alat ini *klinker* yang berukuran 1-40 m³ digiling bersama Gypsum sampai mencapai kehalusan tertentu dengan menggunakan grinding media dari bola-bola baja. Semen yang dihasilkan selanjutnya disimpan dalam silo semen untuk siap dikantongkan atau ditransportsikan. Mutu dan pengontrolan kualitas dilakukan dilaboratorium dengan analisa sinar X (X ray) dengan menggunakan *computer quality control*.

5. Tahap Pengantongan

Proses pengantongan dikelola oleh Biro pengantongan yang terdiri dari tiga bidang yaitu : Bidang Pengantongan *Packing Plant Indarung*, Bidang

Pengantongan Teluk Bayur dan Bidang Pemeliharaan khusus. Ada dua belas unit di Teluk Bayur (1 unit merupakan *rotary packer* dengan kapasitas 80 tph). Sistem pengantongan untuk semen kantong sak diawali dengan pengambilan semen dari silo semen. Semen melewati *pneumatic valve di botton silo* masuk ke *air slide* dan diteruskan ke *Bucket Elevator*. Dari elevator semen diteruskan ke control screen (*tronmel screen*) untuk dipisahkan dari material asing atau gumpalan semen. Semen yang halus masuk ke *Feed Tank*. *Feed Tank* dilengkapi dengan *Nivopilot* dan level indikator untuk menjaga agar isi dalam *feed tank* selalu terkontrol. Jika *feed tank* terisi penuh maka *pneumatic valve* kembali membuka. Semen dari *feed tank* akan diteruskan ke *packer tank* dan masuk ke kantong dengan dorongan udara tekan dan sistem penimbang mekanik.

6. Tahap Pengemasan

Pengemasan semen dibagi menjadi 2, yaitu pengemasan dengan menggunakan zak (kraft dan woven) dan pengemasan dalam bentuk curah. Semen dalam bentuk zak akan didistribusikan ke toko-toko bangunan dan end user. Sedangkan semen dalam bentuk curah akan didistribusikan ke proyek-proyek. Tahapan proses pengemasan dengan menggunakan zak adalah sebagai berikut: Silo semen tempat penyimpanan produk dilengkapi dengan sistem aerasi untuk menghindari penggumpalan/koagulasi semen yang dapat disebabkan oleh air dari luar, dan pelindung dari udara ambient yang memiliki humiditas tinggi. Setelah itu semen dari silo dikeluarkan dengan menggunakan udara bertekanan (discharge) dari semen silo lalu dibawa ke bin penampungan sementara sebelum masuk ke mesin packer atau loading ke truck.

2.4.5 Air

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipampatkan. Kualitas air sangat mempengaruhi mutu beton. Air yang bebas dari lumpur, tidak mengandung garam, clorida dan senyawa sulfat sangat dianjurkan untuk digunakan.

Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan untuk terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 20% dari berat semen tetapi kita tambahkan air untuk

tujuan ekonomi. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi, sebab dengan pemakaian air yang terlalu banyak akan menimbulkan gelembung air sehingga beton menjadi berpori.

2.5 Penyimpanan Semen

Agar semen tetap memenuhi syarat meskipun disimpan dalam waktu lama, cara penyimpanan semen perlu diperhatikan. Semen harus terbebas dari bahan kotoran dari luar. Semen dalam kantong harus disimpan dalam gudang tertutup, terhindar dari basah dan lembab, dan tidak tercampur dengan bahan lain. Semen dari jenis yang berbeda harus dikelompokkan sedemikian rupa untuk mencegah kemungkinan tertukarnya semen yang satu dengan yang lainnya. Untuk menghindari pecahnya kantong semen, tinggi maksimum tumpukan zak semen adalah 2 meter atau sekitar 10 zak. Diletakkan minimal 50 cm dari sisi dinding luar gudang atau tempat penyimpanan, jangan menempel di dinding luar karena kelembaban dinding luar akan mempengaruhi kemasan semen, sedangkan jarak bebas antara lantai dan semen sekitar 30 cm. Semen yang disimpan dalam silo (ruang atau menara penyimpanan yang kedap udara) dapat bertahan hingga 3 bulan. Namun untuk semen yang dibungkus dalam zak kertas berlapis 3 lembar dalam kondisi baik, masih dapat berkurang kekuatannya ($\pm 20\%$) setelah 4 hingga 6 minggu. Pengurangan ini disebut *ignition loss* atau kehilangan daya hidrasi. Untuk penyimpanan semen dalam gudang harus berada pada suhu normal kamar, suhunya tidak terlalu tinggi. Ini bertujuan menghindari pelepasan panas hidrasi awal. Dalam kelompok penyimpanan semen, usahakan celah sekecil mungkin antar susunan kemasan untuk meminimalkan persinggungan dengan kelembaban udara.

Tabel 2.3 Persentase penurunan kekuatan semen yang disimpan

No	Lama Penyimpanan Semen	% Rata Kekuatan Beton
1	Semen Baru	0%
2	3 Bulan	20%
3	6 Bulan	30%
4	12 Bulan	40%
5	24 Bulan	50%

(Sumber: <http://slideplayer.info/amp/13945401>)

2.6 Jenis-Jenis Pengujian Semen

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian antara lain:

2.6.1 Kehalusan Semen

Kehalusan semen merupakan suatu faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air. Metode ini dimaksud sebagai pegangan dan acuan untuk melakukan pengujian dan kehalusan semen portland dengan cara penyaringan. Tujuan metode ini adalah untuk mendapatkan kehalusan dari semen portland. Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu semen. Ruang lingkup metode ini meliputi persyaratan - persyaratan , ketentuan - ketentuan, cara pengujian serta laporan uji kehalusan semen portland dengan menggunakan saringan no.100 dan no.200. Adapun standar angka yang akan didapatkan dalam pengujian semen portland ini adalah ≤ 22 . Yang dimaksud dengan kehalusan semen portland adalah perbandingan berat benda uji yang tertahan diatas saringan no.100 dan no.200 dengan berat benda uji semula. Dengan semakin halus butiran semen, maka reaksi hidrasi semen semakin cepat, karena hidrasi dimulai dari permukaan butir. Benda uji adalah sejumlah semen dengan berat tertentu yang berasal dari dua sampel. Dengan satu sampel telah dibuka namun permukaan dari kertas sak semen ditutup sembarang sedangkan sampel yang satu masih tertutup dengan rapat.

Sampel semen yang dipersyaratkan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah contoh semen yang diperlukan untuk pengujian kehalusan semen ditetapkan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

2. Jika suatu pengujian akan menggunakan lebih dari satu tipe semen, maka setiap tipe semen harus dilakukan pengujian kehalusan.
3. Berat setiap contoh ditetapkan berdasarkan jumlah dan berat benda uji.

Pengujian kehalusan semen portland dilakukan dengan menggunakan 2 sampel untuk setiap tipe semen portland. Setiap sampel uji harus di catat identitas benda uji, teknis pengujian, tanggal pengujian, pencatatan data pengujian dan nama laboratorium.

Kehalusan pada semen dipengaruhi oleh proses penggilingan klinker di pabrik dan kondisi semen itu sendiri, semen yang sudah mengeras karena terhidrasi oleh air akan memberikan luas spesifik yang rendah, karena butiran semen tersebut sudah saling mengikat, sehingga tidak berupa butiran yang halus lagi.

❖ Rumus Pengujian Kehalusan Semen :

$$F = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad 2.1$$

Dengan :

F = Fine cement

a = Berat benda uji yang tertahan di atas saringan No. 100 dan 200

b = Berat benda uji semula

2.6.2 Berat Jenis Semen

Berat jenis adalah perbandingan antara berat jenis semen dengan volume untuk mendapatkan mutu beton dengan kekuatan yang diinginkan. Maka semen yang merupakan salah satu komposisi campuran beton yang perlu diketahui berat jenisnya yang bertujuan untuk menghitung bobot isi beton dalam konstruksi. Maksud dan tujuan menyimpulkan pengaruh berat jenis semen terhadap kemurniannya. Tujuan dari metode ini adalah untuk mendapatkan nilai berat semen portland, yang digunakan untuk pengendalian mutu semen.. Metode ini dimaksud sebagai pegangan dan acuan untuk melakukan pengujian berat isi semen portland. Ruang lingkup metode ini meliputi persyaratan-persyaratan, ketentuan - ketentuan, cara pengujian serta, laporan uji berat isi untuk semen portland. Sampel yang digunakan adalah sejumlah semen yang diambil dari tempat penyimpanan dengan dua jenis sampel yaitu satu sampel dengan kertas sak semen yang telah dibuka kemudian permukaan dari sak semen yang telah dibuka

tadi ditutup dengan cara menggulungnya sedangkan satu sampel lainnya masih tertutup dengan rapat tanpa menyentuh ataupun membuka semen. Persyaratan dari pengujian adalah:

1. Jumlah sampel yang diperlukan untuk pengujian berat isi semen ditetapkan berdasarkan ketentuan yang berlaku.
2. Jika suatu penelitian akan menggunakan lebih dari satu tipe semen, maka setiap tipe semen harus dilakukan pengujian berat isi.
3. Pengambilan contoh-contoh untuk setiap tipe semen dilakukan secara acak berdasarkan ketentuan yang berlaku.
4. Berat setiap sampel ditetapkan berdasarkan jumlah dan berat uji

Berat jenis pada semen secara teoritis antara 3,1 sampai 3,3. Nilai ini dapat berubah tergantung kondisi semennya. Jika semen tersebut pada waktu pembuatan dicampur dengan bahan lain, seperti abu batu yang warnanya menyerupai semen atau semen tersebut sudah ada yang mengeras maka berat jenisnya akan lebih rendah. Untuk menguji berat jenis pada semen digunakan tabung Le Chatelier.

Proses pengelolaan setiap sampel harus diberi label yang jelas (nomor sampel, tipe semen) sehingga identitas sampel dapat diketahui. Setiap sampel harus dicatat data pengujian laboratorium, identitas benda uji, teknis pengujian, tanggal pengujian, pencatatan data pengujian, nama laboratorium.

❖ Rumus Pengujian Berat Jenis Semen :

$$G = \frac{w}{(v_2 - v_1)} \times d \quad 2.2$$

Dengan :

G = Berat jenis semen (specific gravity)

W = Berat semen (gram)

V₁ = Pembacaan skala yang berisi kerosin

V₂ = Pembacaan skala yang berisi kerosin + semen

d = Berat isi air pada suhu 4°C (1 gr/cm³)

2.6.3 Konsistensi Normal Semen

Tujuan pengujian konsistensi normal adalah untuk menentukan banyaknya air yang dipakai dalam pencampuran semen sehingga tercapai kondisi kebasahan pasta semen dalam keadaan konsistensi normal. Pengujian konsistensi

normal dilakukan dengan menggunakan alat vicat atau flow table (meja leleh). Dengan menggunakan alat flow table dapat dicari banyaknya air yang digunakan untuk menghasilkan semen dalam keadaan konsistensi normal. Konsistensi normal akan tercapai apabila nilai leleh (flow rate) berkisar 110%-120%.

Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi standar yang menunjukkan kebasahan ideal pada pasta semen. Kebutuhan air yang sesuai untuk dicampur semen portland sangatlah penting untuk diperhitungkan sebelum dipergunakan, sebab terlalu banyak air akan encer dan sulit digunakan. Demikian pun bila kekurangan air akan kering dan juga sulit untuk digunakan. Untuk itulah sebelum semen portland digunakan, perlu diuji terlebih dahulu kebutuhan airnya sehingga pada waktu pemakaian tidak kelebihan atau kekurangan air. Konsistensi semen portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada rasio antar semen dan air serta aspek - aspek bahan semen seperti kehalusan dan kecepatan hidrasi.

Menurut standar SII atau ASTM untuk uji konsistensi normal dilakukan dengan menggunakan alat vicat. Cara pengujiannya dengan mencoba-coba persentasi air, sehingga tercapai konsistensi normalnya. Konsistensi normal tercapai apabila jarum vicat dengan diameter 10 mm masuk ke dalam pasta semen dalam waktu 30 detik sedalam $(10 \pm 1 \text{ mm})$. Umumnya persentasi air untuk mencapai konsistensi normal berkisar antara 26%-29%. Nilai tergantung dari kehalusan semen, komposisi senyawa dalam semen, suhu udara dan kelembaban disekitarnya.

2.6.4 Pengikatan Awal Semen

Tujuan mengetahui pengikatan awal semen menggunakan alat vicat dengan mengukur penurunan setiap 15 menit sehingga mengetahui waktu yang diperlukan semen untuk mengeras atau sudah tidak terjadi penurunan. Semen setelah bercampur dengan air akan mengalami pengikatan, dan setelah mengikat lalu mengeras. Lamanya pengikatan sangat tergantung dari komposisi senyawa dalam semen dan suhu udara sekitarnya. Waktu pengikatan pada pasta semen ada 2 (dua) macam, yaitu waktu ikat awal (setting time) dan waktu ikat akhir (final setting). Waktu ikat adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur

dengan air dari kondisi platis menjadi tidak plastis, sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu yang dibutuhkan sejak semen bercampur dengan air dari kondisi plastis menjadi “keras”.

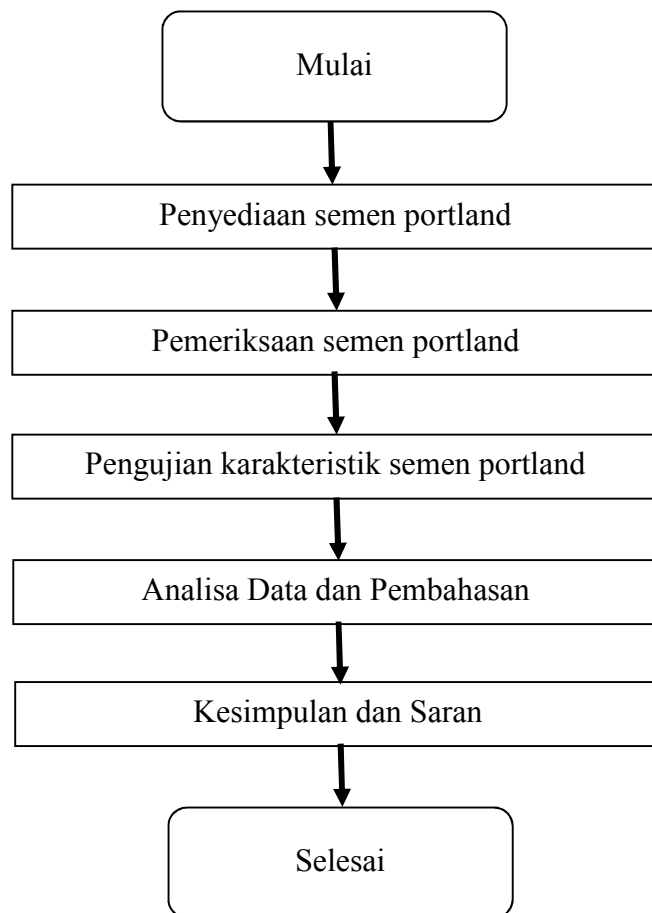
Waktu ikat awal tercapai apabila masuknya jarum vicat kedalam sampel dalam waktu 30 detik sedalam 25 mm. Waktu ikat akhir tercapai apabila pada saat jarum vicat diletakkan diatas sampel selama 30 detik, pada permukaan sampel tidak berbekas atau tidak tercetak. Catat berapa jam waktu ikat akhir tercapai. Dalam pengujian waktu ikat pada semen kadang-kadang dalam waktu kurang dari 10 menit, semen sudah mencapai waktu ikat awal, yang ditandai dengan masuknya jarum vicat kurang dari 22 mm. Waktu ikat awal tersebut bukanlah waktu ikat awal yang sebenarnya, tetapi waktu ikat awal palsu (false setting). Ini terjadi karena gips alam yang terdapat dalam semen berubah menjadi gips hemihidrat karena panas, baik panas pada waktu dicampur dengan klinker maupun panas pada saat penyimpanan, akibatnya gips alam yang asalnya stabil menjadi tidak stabil sehingga cepat bereaksi dengan air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel) di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan semen portland. Semen portland tersebut akan diuji karakteristiknya diantaranya pengujian kehalusan semen, berat jenis, konsistensi normal dan pengikatan awal. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap semen yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh lama penyimpanan semen portland terhadap karakteristiknya.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Penyediaan semen portland

Semen portland didatangkan dari salah satu panglong di Kota Medan yang kemudian akan dibawa ke laboratorium Bahan Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Semen akan disimpan selama 60 hari lamanya dengan satu sampel akan dibuka dan ditutup kembali dengan cara menggulung permukaannya dan sampel lainnya tidak disentuh sama sekali.

3.3 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen adalah bahan utama yang digunakan dalam pengujian, jenis semen yang digunakan adalah Semen Padang dengan type Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composit Cement (PCC), dan Portland Pozzoland Cement (PPC).
2. Air berasal dari Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen, Medan.

3.4 Lokasi dan Waktu Pengujian

1. Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen, Medan.

2. Waktu

Penelitian dilakukan awal bulan Maret 2019

Pengujian dilakukan awal bulan Juli 2019

3.5 Pengujian semen portland

Adapun beberapa karakteristik pengujian semen portland antara lain:

3.5.1 Kehalusan Semen Portland

a. Peralatan

1. Saringan no. 100 dan no. 200

Digunakan untuk mendistribusikan besaran butiran benda uji dengan baik.

2. Mesin penggetar
Digunakan untuk menggetarkan saringan
3. Kuas
Digunakan untuk membersihkan saringan
4. Neraca
Digunakan untuk menentukan berat benda uji

b. Prosedur Pelaksanaan

1. Persiapan benda uji
Benda uji semen portland sebanyak 50 gram
2. Benda uji semen dimasukkan kedalam saringan no.100 yang terletak diatas saringan no.200 dan dipasang pan dibawahnya.
3. Saringan digoyangkan perlahan - lahan, sehingga bagian benda uji yang tertahan kelihatan bebas dari partikel - partikel halus (pekerjaan ini dilakukan antara 3-4 menit).
4. Kemudian saringan ditutup pan dilepaskan, saringan dipukul perlahan dengan tangkai kuas sampai abu yang menempel terlepas dari saringan.
5. Sisi bagian bawah pan dibersihkan dengan kuas, pan dikosongkan dan dibersihkan dengan kain kemudian dipasang kembali.
6. Kemudian saringan ditutup dengan hati - hati, bila ada partikel kasar yang menempel pada tutup maka dikembalikan kesaringan.
7. Dilanjutkan penyaringan dengan menggoyang - goyangkan saringan perlahan - lahan selama 9 menit.
8. Saringan ditutup, penyaringan dilanjutkan selama 1 menit dengan cara menggerakkan saringan kedepan dan kebelakang dengan posisi sedikit dimiringkan. Kecepatan kira-kira 150 kali permenit, setiap 25 kali gerakan putar saringan kira-kira 60°. Pekerjaan ini dilakukan diatas kertas putih, bila ada partikel yang keluar dari saringan atau pan maka akan tertampung diatas kertas, kembalikan kedalam saringan. Pekerjaan dihentikan setelah benda uji tidak lebih dari dari 0,05 gram lewat saringan dalam waktu penyaringan selama 1 menit.

9. Timbang benda uji yang tertahan diatas masing - masing saringan no.100 dan no.200 kemudian hitung dan nyatakan dalam persentase berat terhadap berat benda uji semula.

3.5.2 Berat Jenis Semen Portland

a. Peralatan

1. Botol Le Chatelier
Digunakan untuk menentukan isi/ volume semen portland.
2. Bejana/ bak air
Untuk merendam botol Le Chatelier yang berisi benda uji.
3. Termometer (2 buah)
Untuk menentukan suhu kerosin + semen portland dalam botol Le Chatelier dan suhu air dalam bejana.
4. Timbangan
Untuk menentukan berat benda uji.

b. Prosedur Pelaksanaan

1. Botol Le – Chateiler dibersihkan terlebih dahulu.
2. Mengisi botol Le Chatelier dengan minyak tanah dengan skala antara 0 – 1.
3. Memasukkan botol Le Chateiler yang berisi tanah kedalam wadah yang terlebih dahulu telah diisi air. Dan memasukkan pula termometer sebagai pengukur suhu.
4. Menambahkan es batu kedalam wadah tersebut sehingga suhu air mencapai 4°C.
5. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le Chateiler maka selanjutnya membaca pada skala (V_1).
6. Menyaring semen portland dengan menggunakan saringan no.40 kemudian menimbang sebanyak 64 gram.
7. Mengeluarkan botol dari wadah dan memasukkan semen portland sedikit demi sedikit kedalam botol yang berisi minyak tanah dengan menggunakan corong kaca dengan menjaga agar semen

tidak menempel pada dinding atas bagian dalam botol Le Chateiler.

8. Memasukkan kembali botol Le Chateiler yang berisi minyak tanah dan semen kedalam wadah dengan tetap menjaga agar suhu air mencapai 4°C.
9. Pada saat suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol Le Chateiler, skala pada botol Le Chateiler dibaca (V_2).
10. Lakukan percobaan ini sebanyak 2 kali.

3.5.3 Konsistensi Normal Semen

a. Peralatan

1. Timbangan
Untuk menentukan berat dari benda uji dengan tepat.
2. Gelas ukur
Untuk menentukan banyaknya air
3. Stopwatch
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
4. 1 set alat vicat (cincin konik, plat, jarum vicat diameter 10 mm)
Untuk menentukan besarnya penurunan yang terjadi pada pasta semen dengan kadar air dan waktu tertentu.
5. Mixer
Untuk mengaduk didalam pembuatan pasta semen.
6. Sendok perata
Untuk meratakan pembuatan pasta semen pada cincin konik.
7. Sarung tangan plastik
Untuk membuat bola pasta semen.

b. Prosedur Pelaksanaan

1. Semen portland diambil lebih 300 gram untuk disaring dengan saringan No.200, dimana penyaringan ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadi gumpalan-gumpalan semen.
2. Semen yang lolos pada saringan itu diambil sebanyak 300 gram.

3. Untuk mendapatkan konsistensi normal semen dilakukan beberapa kali percobaan dengan kadar air yang berbeda yaitu : 26 % - 28 % dari berat benda uji.
4. Masukkan air sebanyak persentase yang ditentukan kedalam mangkok pengaduk.
5. Masukkan benda uji kedalam mangkok dan diamkan selama 30 menit.
6. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 lebih kurang 5) rpm selama 30 detik.
7. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik untuk / sambil membersihkan pasta semen yang menempel dipinggir mangkok.
8. Kemudian jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 lebih kurang 10) rpm, selama 60 detik.
9. Buatlah pasta berbentuk bola dengan mempergunakan sarung tangan plastik, kemudian dilemparkan 6x dari satu tangan ketangan yang lain dengan jarak lebih kurang 15 cm.
10. Kemudian masukkan/tekan pasta kedalam cincin konik yang telah dialaskan dengan plat. Kelebihan pasta pada permukaan cincin konik diratakan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
11. Letakkan plat kaca diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan, dan licinkan. Kelebihan pada pasta lubang kecil cincin konik dengan sendok perata.
12. Setelah selesai letakkan cincin konik dibawah harum vicat dan letakkan jarum dengan bagian tengah permukaan pasta kemudian jatuhkan jarum besar vicat dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
13. Lakukan prosedur diatas dengan kadar air yang berbeda untuk mendapatkan penurunan 10 mm.

3.5.4 Pengikatan Awal Semen

a. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
Untuk menentukan berat benda uji

2. 1 set alat vicat terdiri dari :
 - Jarum vicat (1 mm)
 - Cincin konik dengan atas 8,5 cm serta bagian bawah 7,5 cm
3. Stop watch
Untuk menentukan waktu pengadukan pembuatan pasta semen dan waktu penurunan yang terjadi pada pasta.
4. Alat Pengaduk (mixer)
Untuk mengaduk dalam pembuatan pasta semen.
5. Sendok perata
Untuk meratakan permukaan pasta pada cincin konik.
6. Alas (2 buah) plastik
Sebagai alas sampel pada cetakan.
7. Dua sarung tangan
Untuk membuat sampel menjadi bola (bulatan).
8. Saringan No.100
Untuk mendistribusikan semen.

b. Prosedur pelaksanaan

1. Distribusikan semen pada saringan No.100, dengan berat 300 gram.
2. Masukkan air suling (23%) yang banyak nya sesuai dengan jumlah air mencapai kadar air konsistensi normal kedalam mangkok mixer.
3. Masukkan benda uji kedalam mangkok mixer, kemudiaan diamkan selama 30 detik.
4. Jalankan mixer selama 15 detik, sementara itu bersihkan pasta yang menempel pada dinding mangkok.
5. Jalankan mixer dengan kecepatan 285 ± 10 rpm selama 60 detik.
6. Setelah 60 detik buat lah bola-bola pasta dengan tangan, kemudian lemparkan 6 kali dari satu tangan ketangan yang lain degan jarak 15 cm.

7. Pegang bola pasta dan masukkan kedalam cincin konik, ratakan permukaan atas dan bawah cincin konik tersebut.
8. Letakkan plastik diatas lubang besar cincin konik, balikkan, ratakan dan licinkan kelebihan pasta pada lubang yang kecil dengan sendok perata.
9. Letakkan cincin konik dibawah jarum vicat.
10. Jatuhkan jarum vicat setiap 15 menit sampai mencapai penurunan 25 mm, setiap menjatuhkan jarum, catatlah penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
11. Jarak antara titik-titik menjatuhkan jarum adalah tidak boleh kurang dari 0,5 cm dan jarak titik penusukan ke pinggir cincin konik tidak boleh kurang 1 cm.