

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Semen Portland

Semen sudah dikenal sejak zaman dahulu kala. Orang Mesir sudah menggunakan semacam semen untuk konstruksi Piramid. Orang Yunani dan orang Roma menggunakan tuf vulkanik yang dicampur dengan gamping sebagai semen, dan beberapa di antara bangunan ini masih berdiri sampai sekarang. Pada tahun 1824, orang Inggris, Joseph Aspdin, mendapatkan paten untuk suatu semen buatan yang dibuat dengan mengkalsinasi batu gamping argilaseo, dikenal sebagai semen “portland” karena beton yang dibuat dengan semen ini sangat menyerupai batu bangunan yang terkenal yang terdapat di Pulau Portland, Inggris. Klinker kasar yang diperoleh dari pembakaran campuran lempung dan batu gamping, atau bahan-bahan sejenis, dikenal dengan nama portland, untuk membedakannya dari semen alam, semen pozolan atau semen lain^[2].

2.1.1. Bahan Baku Semen Portland

Pabrik semen biasanya didirikan dekat dengan sumber bahan baku^[5]. Bahan baku untuk memproduksi semen portland mengandung kalsium dan silika sebagai bahan komponen utama ditambah alumina dan feri oksida sebagai komponen tambahan. Oksida-oksida lain biasanya terdapat dalam jumlah kecil dan dibutuhkan dalam batas tertentu. Sumber utama dari kalsium adalah batu kapur, batu semen, dan lain-lain. Sumber utama dari bahan argilaseo adalah tanah liat^[6].

Di samping bahan-bahan alam, beberapa pabrik menggunakan terak tanur tinggi dan kalsium karbonat endapan yang diperoleh sebagai hasil samping industri alkali dan amonium sulfat sintetik. Pasir, bauksit buangan dan bijih besi kadang-kadang digunakan dalam jumlah kecil untuk mengatur komposisi campuran. Gypsum (4 sampai 5%) ditambahkan untuk mengatur waktu pengerasan semen.^[2]

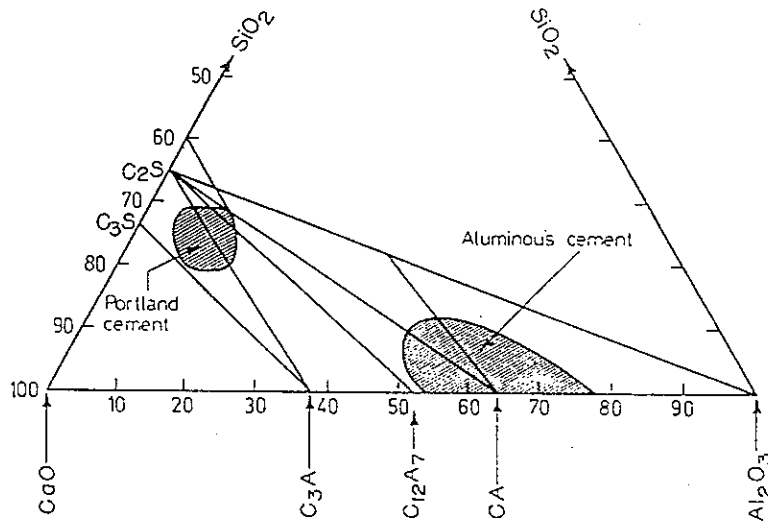
2.1.2. Komposisi Kimia Semen Portland

Semen portland terutama mengandung kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan besi oksida (Fe₂O₃). Kombinasi kandungan keempat oksida tersebut kira-kira 90% dari berat semen dan biasanya disebut dengan oksida-oksida mayor. Sisa 10% mengandung magnesia (MgO), alkali-alkali oksida (Na₂O dan K₂O), titania (TiO₂), pospor pentaoksida (P₂O₅) dan gipsum, biasanya disebut oksida-oksida minor. Sebagai gambaran lengkap dari batas kandungan semen portland diberikan pada tabel 2.1.^[6]

Tabel 2.1. Batas Komposisi Oksida-oksida dari Semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-6,0
MgO	0,1-5,5
Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1,3
TiO ₂	0,1-0,4
P ₂ O ₅	0,1-0,2
SO ₃	1-3

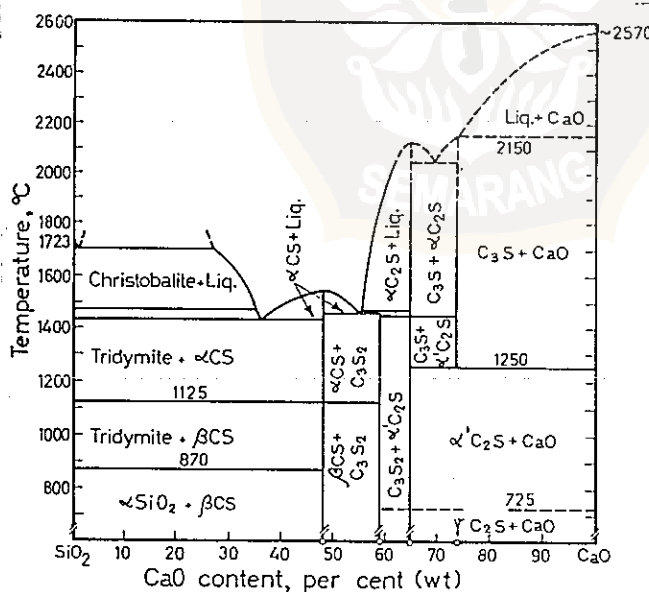
Batas komposisi untuk semen portland di dalam sistem CaO-Al₂O₃-SiO₂ diberikan pada gambar 2.1.^[7,8] Di dalam gambar, besi oksida biasanya tergabung bersama-sama dengan alumina dan sejumlah kapur, alumina, silika, dan besi oksida dibuat 100%.



Gambar 2.1. Diagram Fasa dari Sistem $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$

2.1.3. Komposisi Bahan Baku Utama Semen Portland secara Mineralogi

Penentuan secara sistematis dari keberadaan mineral-mineral, disiapkan dari proporsi campuran yang berbeda pada temperatur yang berbeda pula diperlihatkan pada “diagram fasa” dari sistem $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ yang diperlihatkan pada gambar 2.2.^[7,8]. Dari diagram fasa ini dapat dilihat mineral-mineral yang terbentuk selama proses pembentukan klinker adalah:



Gambar 2.2. Diagram Fasa untuk Sistem $\text{CaO}-\text{SiO}_2$

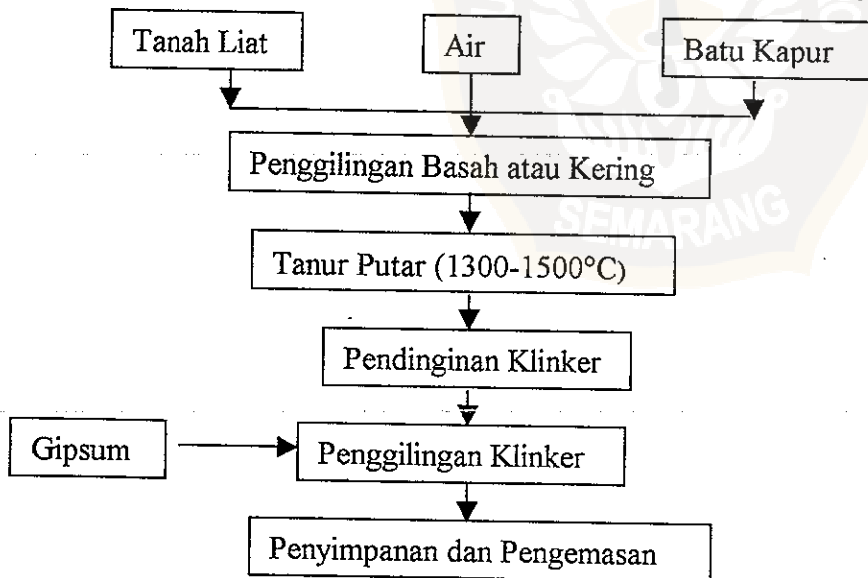
2.1.4. Pembuatan Semen Portland

Proses pembuatan semen portland secara umum terbagi dalam beberapa tahapan yang dapat dilihat pada tabel 2.2. berikut.^[2]

Tabel 2.2. Tahapan dalam Pembentukan Semen Portland

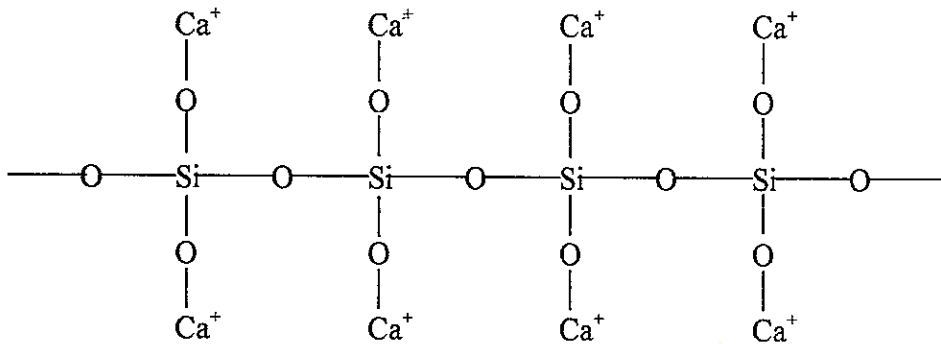
Suhu (°C)	Tahap	Perubahan Kalor
100	Penguapan air bebas	Endotermik
500 dan lebih	Evolusi air gabungan dari lempung	Endotermik
900 dan lebih	Kristalisasi produk dehidrasi amorf lempung	Endotermik
900 dan lebih	Evolusi karbon dioksida	Endotermik
900-1200	Reaksi utama antara gamping dan lempung	Endotermik
1250-1280	Mulai pembentukan zat cair (peleburan)	Endotermik
1280 dan lebih	Kelanjutan pembentukan zat cair dan penyelesaian pembentukan senyawa semen	Endotermik

Proses pembuatan semen portland digambarkan secara sistematis dalam gambar 2.3.^[5]



Gambar 2.3. Skema Proses Pembuatan Semen Portland

Dalam pembuatan klinker semen, kalsium silikat terbentuk pada proses peleburan suhu 1250°C pada tanur putar. Senyawa kalsium silikat yang terbentuk ini berada dalam bentuk rantai yang panjang di mana 2 atom silikon berikatan dengan atom oksigen sebagai penghubung. Atom logam di dalam molekul berikatan dengan atom oksigen yang mana telah berikatan dengan silikon sebagaimana dapat dilihat pada gambar berikut.^[9,10]



Senyawa kalsium silikat juga dapat terbentuk dari sintesis senyawa *clay*. Reaksi ini terjadi bila dalam sintesis tersebut mengandung CaO dalam konsentrasi tinggi^[9].

2.1.5. Debu Bahan Baku Semen

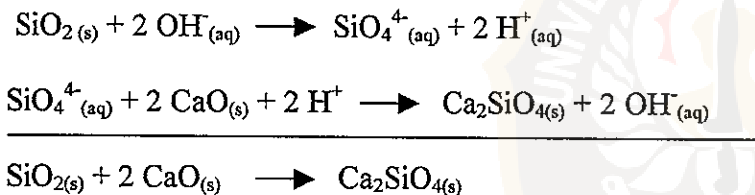
Debu bahan baku semen merupakan hasil samping dari penggilingan bahan baku semen sebelum pembakaran dalam tanur putar, sehingga debu bahan baku semen memiliki komponen penyusun yang sama dengan komponen penyusun semen, yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ dan MgO. Debu bahan baku semen dikumpulkan dengan alat *electrostatic precipitator* dan *dust collector*, sehingga debu bahan baku semen yang terbang ke udara sangat kecil sekali. Mekanisme pengumpulan debu bahan baku semen menggunakan alat *electrostatic precipitator* terbagi dalam 3 tahap yaitu:

- proses pelepasan elektron
- proses pemuatan partikel debu
- proses pengumpulan partikel debu^[11]

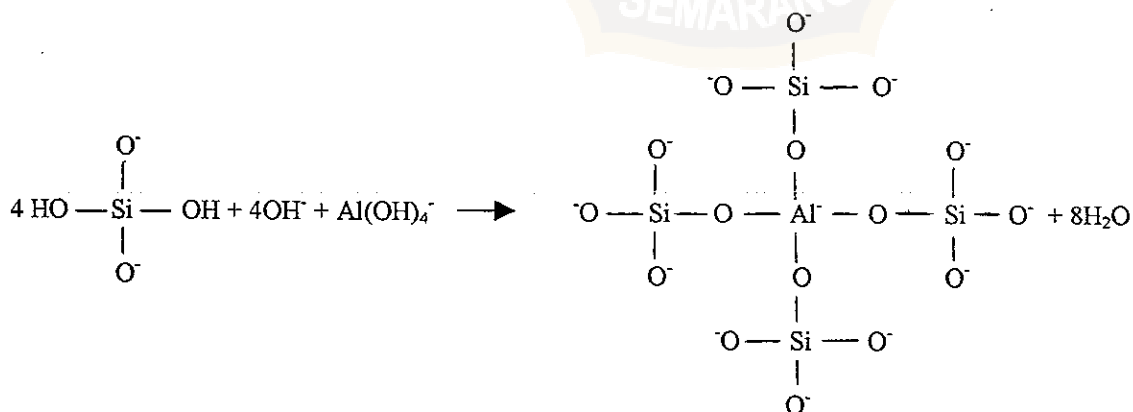
Debu bahan baku semen yang telah terkumpul dari electrostatic precipitator selanjutnya dikembalikan kembali ke proses pembuatan semen untuk mengurangi jumlah limbah debu bahan baku semen yang terbang ke udara^[1].

2.2. Sintesis Senyawa dari Debu Bahan Baku Semen

Pada sintesis senyawa alumina silika dengan menggunakan bahan alam maupun zat murni yang mengandung Si atau Al sebagai sumber Si dan Al. Menurut C. H. Stamboliev dan N. Scpova^[12] pada sintesis tersebut diperlukan bahan baku yang mempunyai struktur oksida Si dan Al yang aktif selain faktor suhu dan konsentrasi basa yang digunakan, sedangkan menurut Noll^[9] reaksi antara SiO₂ dan Al₂O₃ dengan adanya CaO dalam jumlah yang besar dimungkinkan terbentuk kalsium silikat atau kalsium aluminat sesuai reaksi berikut:



Sedangkan secara umum reaksi sintesis senyawa alumina silika^[13] adalah:



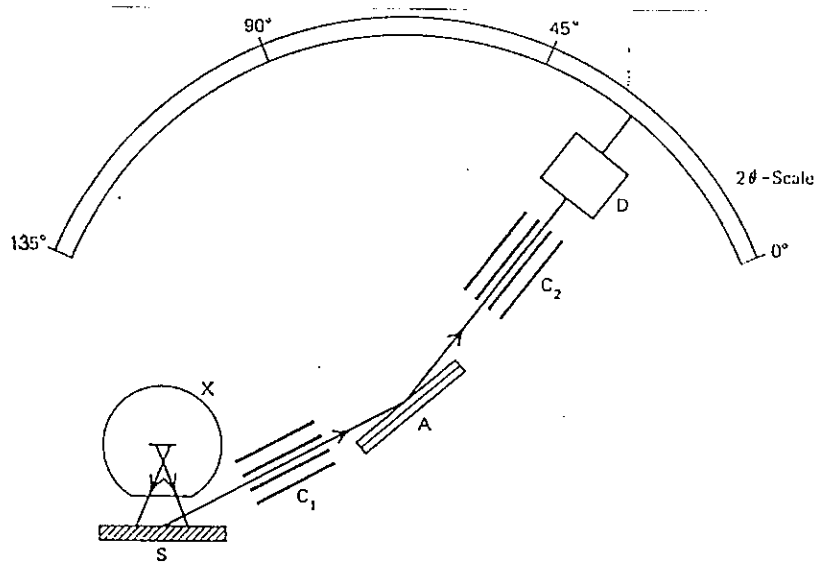
2.3. Metoda Analisis

Analisis yang sering dilakukan untuk mengidentifikasi suatu senyawa dari suatu bahan hasil sintesis anorganik adalah metoda spektrofotometri infra merah dan difraksi sinar-X. Penentuan komposisi kimia debu bahan baku semen awal menggunakan spektrograf fluoresensi sinar-X.

2.3.1. Spektrograf Fluoresensi Sinar-X

Spektrograf fluoresensi sinar-X digunakan secara langsung untuk mengidentifikasi unsur-unsur penyusun suatu mineral. Metoda spektrograf fluoresensi sinar-X memberikan spektra sinar-X untuk tiap unsur yang terdapat di dalam suatu contoh mineral. Tiap spektra sinar-X mempunyai panjang gelombang yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk mengukur dan identifikasi langsung terhadap tiap-tiap unsur. Jika terdapat pengotor di dalamnya, setiap pengotor dapat langsung diidentifikasi dari spektra sinar-X yang karakteristik untuk tiap unsur, konsentrasi serta intensitas relatif dari unsur yang terdeteksi dapat ditentukan. Tidak seperti metoda difraksi, metoda ini tidak memberikan informasi seperti struktur atau bagaimana tiap unsur bergabung. Analisis spektrograf fluoresensi sinar-X dapat digunakan pada kristalin atau padatan amorf, serbuk, cairan-cairan dan gas bila digunakan tempat yang sesuai. Tiap bahan harus mempunyai bidang permukaan, sensitifitas dan akurasi dari metoda ini menurun untuk unsur dengan nomor atom rendah^[14].

Spektra garis yang karakteristik dihasilkan pada saat unsur mengabsorpsi cahaya sinar-X yang memiliki energi yang melebihi energi ikat elektron di dalam unsur. Secara skematik, alat spektrograf fluoresensi sinar-X digambarkan pada gambar 2.4.^[14]



Gambar 2.4. Spektrograf Fluoresensi Sinar-X

Keterangan gambar: X = tabung sinar-X

S = sampel

C₁ = celah penyearah I

A = penganalisa kristal

C₂ = celah penyearah II

D = detektor

0°-135° = skala 2θ

