

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen Pemboran

Semen yang digunakan pada operasi pemboran diformulasikan agar cukup tahan terhadap kenaikan temperatur dan kondisi tekanan dalam sumur^[13]. *American Petroleum Institute* (API) telah melakukan pengklasifikasian semen ke dalam beberapa kelas didasari atas kondisi sumur dan sifat-sifat semen yang disesuaikan dengan kondisi sumur tersebut, seperti kedalaman, temperatur, tekanan dan kandungan yang terdapat pada fluida formasi seperti sulfat dan sebagainya^[1,14,15,16]. Bahan-bahan pokok penyusun semen dapat dilihat pada tabel 2.1^[13].

Tabel 2.1. Bahan-bahan pokok penyusun semen

Bahan pokok	Notasi	Komposisi (%)	Fungsi
Trikalsium silikat (3CaO.SiO ₂)	C ₃ S	40 – 65	Memberikan kekuatan terbesar pada awal pengerasan
Dikalsium silikat (2CaO.SiO ₂)	C ₂ S	≤ 20	Memberikan kekuatan akhir pada semen
Trikalsium aluminat (3CaO.Al ₂ O ₃)	C ₃ A	3-15	Membentuk pengerasan awal pada semen dan berpengaruh pada rheology suspensi semen
Trikalsium aluminaferit (4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃)	C ₄ AF	≤ 24	Menurunkan panas hasil reaksi hidrasi C ₃ S dan C ₂ S

2.1.1 Fungsi Semen Pemboran^[1,2,14]

Fungsi semen pemboran adalah :

- a. Untuk melindungi ruangan antara selubung sumur minyak dengan karang/tanah disekitarnya.
- b. Pelindung selubung sumur minyak dari penyerangan air yang korosif.
- c. Menyangga selubung sumur minyak sehingga mengurangi tegangan dalam pipa baja.
- d. Menyumbat aliran air masuk ke dalam sumur.

2.1.2 Sifat semen pemboran

Sifat semen pemboran dalam kondisi bubuk semen adalah^[17] :

a. Densitas

Densitas bubuk semen ditentukan oleh perbandingan campuran air dan bubuk semen, makin tinggi kadar air maka semakin rendah harga densitasnya.

b. Rasio kandungan air

Rasio kandungan air merupakan perbandingan jumlah air dan bubuk semen yang dicampurkan untuk mendapatkan sifat bubuk semen yang diinginkan.

c. Yield

Yield adalah jumlah kandungan semen yang dicampurkan dengan air untuk mendapatkan perbandingan tertentu.

d. Viskositas

Pengukuran viskositas pada bubur semen digunakan istilah “konsistensi”. Harga konsistensi dipengaruhi oleh kadar air dalam bubur semen dan dapat pula diubah dengan menambahkan additif.

e. Waktu pengejalan

Waktu pengejalan adalah waktu yang diperlukan bagi bubur semen untuk mencapai harga konsistensi 100 poise yang merupakan batas bubur semen tidak dapat dipompakan lagi.

f. Kandungan air bebas

Hal ini terjadi bilamana bubur semen dalam perjalanan penempatannya bertemu formasi yang bersifat permeabel sehingga dapat menyerap kandungan air dalam bubur semen^[18].

Sedangkan sifat semen dalam kondisi telah mengeras adalah :

a. Kuat Tekan

Kuat Tekan adalah kekuatan dari semen setelah proses hidrasi terlampaui. Kuat Tekan ini diinginkan agar mendekati kekuatan formasi^[18]. Dalam pengujian kuat tekan semen dipergunakan mesin uji kuat tekan sistem hidrolik. Prosedur pengujian sesuai dengan standar API Spec 10A^[13]. Spesimen yang digunakan berbentuk kubus 2”X2”X2”. Hasil pengujian yang diperoleh merupakan harga beban tekan hancur (Ib)^[19,20].

Harga kuat tekan semen adalah :

$$\sigma = P/A \text{ (lb/inch}^2\text{)}$$

P = beton tekan hancur (lb)

A = luas penampang bahan (inch²)

b. Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan semen untuk mengalirkan fluida dalam waktu tertentu. Adanya air dalam bubur semen yang terlalu besar dapat mengakibatkan permeabilitas semen menjadi lebih besar^[17].

c. Ketahanan korosi dan ketahanan sulfat

Adanya formasi yang mengandung zat kimia seperti garam atau Na₂SO₄, MgSO₄ dan MgCl₂ dapat merusak semen. Proses yang terjadi adalah kapur yang terdapat pada semen dapat bereaksi dengan zat kimia tersebut diatas. Sehingga dapat menyebabkan disintegrasi semen yang keras. Kadar C₃A dalam semen yang tidak lebih dari 3% dapat menahan pengaruh sulfat^[17].

2.1.3 Semen Klas G

Karena pengentalan dan pengerasan semen dipercepat oleh kenaikan suhu hingga 100 °C di dasar lubang, maka semen portland biasa yang mengental dan mengeras segera tidak dapat digunakan pada sumur dalam, untuk itu digunakan semen sumur minyak HSR API Spec 10A klas G yang dapat digunakan sampai kedalaman 2500 meter dari permukaan bumi^[21,22].

Bila semen klas G ini ditambahkan *retarder*, maka dapat digunakan untuk sumur yang lebih dalam dengan daerah temperatur yang cukup besar^[19,20,23].

Komposisi semen klas G sesuai klasifikasi menurut API dapat dilihat pada tabel 2.2.^[13]

Tabel 2.2. Komposisi semen klas G sesuai klasifikasi API

Jenis Semen	Komposisi	% dalam semen
Tahan Sulfat Sedang	MgO	maks 6,0
	SO ₃	maks 3,0
	C ₃ S	maks 58
	C ₃ A	maks 48 min 8
Tahan Sulfat Tinggi	MgO	maks 6,0
	SO ₃	maks 3,0
	C ₃ S	maks 65
	C ₃ A	maks 48 min 3
	C ₄ AF + 2C ₃ A	maks 24



Gambar 2.1. Senyawa-senyawa penyusun semen

2.2 Abu layang

2.2.1 Definisi dan sifat-sifat abu layang

Abu layang merupakan limbah yang halus hasil pembakaran batu bara^[5,6,7,8,24,25]. Abu layang ini umumnya dihasilkan dari suatu industri yang menggunakan bahan bakar batu bara^[6,24]. Rata-rata kandungan abu layang dari batu bara sekitar 4%(W) – 10%(W). Abu layang mayoritas berbentuk bola-bola

(*microsphere*). Morfologi bola-bola ini khas, karena berbentuk bola-bola yang kosong bergelas. Walaupun tidak sedikit juga ditemukan bola yang terdapat di dalam bola lainnya dan bola-bola padat. Hal ini dikarenakan ketidaksempurnaan dalam proses pembentukan batu bara^[24].

Warna abu layang bervariasi dari abu-abu gelap hingga coklat. Komposisi batu bara^[5,24], kondisi daerah dimana batu bara tersebut dipersiapkan untuk pembakaran, seluk beluk desain dan operasi pembakaran dan sistem penyimpanan abu^[15] mempengaruhi warna visualnya. Sedangkan berat jenis abu layang bervariasi dari 2,1 gram/cm³ hingga 2,7 gram/cm³. Berat jenis umumnya ditentukan dari berat total unsur-unsur kimia yang dikandungnya dan volume bola-bola yang terbentuk^[24].

2.2.2 Komposisi kimia abu layang

Komposisi kimia yang berbeda pada setiap batu bara akan memberikan komposisi kimia yang berbeda pada abunya. Secara umum, mayoritas abu layang terdiri dari SiO₂ dan Al₂O₃ yang total keduanya dapat mencapai 80%(W), sedangkan Fe₂O₃ dan unsur-unsur lainnya tidak lebih dari 20%(W). Berikut ini adalah komposisi kimia abu layang menurut API^[19].

Tabel 2.3. Komposisi abu layang menurut standar API

Mineral	Komposisi (%)
SiO ₂	43,20
Al ₂ O ₃	42,93
CaO	5,92
MgO	1,03
SO ₃	1,70
CO ₂	0,03
Hilang bakar	2,98

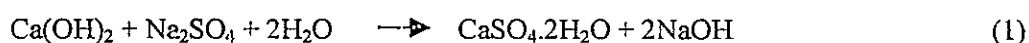
2.2.3 Pengaruh abu layang pada campuran beton

Fungsi keberadaan abu layang dalam beton adalah bereaksi dengan kapur hasil proses hidrasi beton untuk membentuk perekat baru. Sehingga memberikan pengaruh-pengaruh pada beton, yaitu menurunkan panas hidrasi, meningkatkan kuat tekan dan meningkatkan ketahanan beton^[5,6,25].

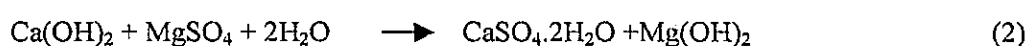
2.3 Serangan Sulfat

Beton yang diserang oleh sulfat memiliki karakteristik kerusakan biasanya dimulai pada tepi dan sudut kemudian diikuti keretakan beton^[4]. Pengaruh yang sangat membahayakan adalah $MgSO_4$ dan Na_2SO_4 ^[3,26]. Perluasan serangan sulfat tergantung pada konsentrasi sulfat dan permeabilitas beton^[4,26]. Jika beton sangat permeabel, $Ca(OH)_2$ akan terlepas. Penguapan pada permukaan yang luas dari beton meninggalkan sejumlah endapan $CaCO_3$, terbentuk dari reaksi antara $Ca(OH)_2$ dengan CO_2 , endapan ini terlihat keputih-putihan^[4].

Inti dari serangan sulfat adalah pembentukan gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) dan ettringit ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$)^[3,4,14,15,26]. Kedua produk tersebut menempati volume yang lebih besar pada beton sehingga terjadi perluasan dan gangguan pengerasan beton^[4]. Reaksi antara Na_2SO_4 dengan $Ca(OH)_2$ yang merupakan salah satu komponen semen terhidrat adalah:



Sedangkan reaksi antara $MgSO_4$ dan $Ca(OH)_2$ adalah:



Penyerangan sulfat pada beton semen portland dapat dikurangi dengan menambahkan material yang bersifat pozzolanik seperti pozzolana, tepung silika dan abu layang, karena memiliki kandungan SiO_2 reaktif yang dapat bereaksi dengan air pada temperatur kamar^[5].

2.4 Pengaruh Temperatur

Temperatur lingkungan berperan penting pada proses hidrasi semen^[3,4,14] untuk mempercepat *setting* dan untuk kekuatan jangka panjang^[4]. Jika temperatur tinggi disertai dengan kelembaban air yang relatif rendah, akan terjadi penguapan yang cepat dari beberapa campuran komponennya, yang menyebabkan terjadinya kekosongan udara di dalam beton sehingga kekuatan beton berkurang^[4].

Temperatur mempengaruhi C_3S pada awal dan pertengahan periode hidrasi^[3,23]. Ada indikasi bahwa ada sejumlah C atau S pada C-S-H berubah dipengaruhi oleh temperatur^[3], yang akan berpengaruh terhadap kemampuan kerja, penyusutan kekenyalan, dan keretakan beton pada proses hidrasi, sehingga akan mempengaruhi kuat tekan itu sendiri^[4].

2.5 Difraksi Sinar X

Metoda difraksi sinar X merupakan metoda yang bersifat tidak merusak bahan, sehingga bahan tersebut dapat digunakan untuk analisis lagi^[27]. Informasi yang didapatkan dari difraksi sinar X antara lain identifikasi mineral dan logam, struktur kristal, kemurnian fasa, kristalinitas dan ukuran partikel^[28].

Sinar X dapat didifraksi oleh atom-atom dalam suatu kristal yang menghasilkan pola difraksi yang khas. Pola difraksi tersebut digunakan untuk identifikasi spesies mineral^[27]. Setiap kristal menggunakan panjang gelombang yang tepat agar dapat memberi refleksi Bragg^[28]. Pola difraksi adalah alur dari intensitas sinar terdifraksi yang memiliki indeks Miller sebagai fungsi dari 2θ . Hubungan antara panjang gelombang dengan sudut θ dinyatakan dalam persamaan Bragg^[27] :

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

n = orde difraksi

λ = panjang gelombang sinar x

d = jarak antar atom pada kisi kristal

θ = sudut difraksi

