

## BAB III

### DASAR TEORI

#### 3.1. Semen

Semen adalah suatu bahan pengikat yang bereaksi ketika bercampur dengan air. Semen dihasilkan dari pembakaran kapur dan bahan campuran lainnya seperti pasir silika dan tanah liat pada suhu tinggi. Hasil dari pembakaran bahan utama semen dipecahkan menjadi butiran-butiran yang halus. Ada berbagai macam tipe semen, namun yang paling sering digunakan adalah portland semen biasa. Kandungan utama semen portland adalah *Tricalcium silicate* ( $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) atau ( $\text{C}_3\text{S}$ ), *Dicalcium silicate* atau ( $\text{C}_2\text{S}$ ), *Tricalcium aluminate* atau ( $\text{C}_3\text{A}$ ), *Tetracalcium aluminoferrite* atau ( $\text{C}_4\text{AF}$ ),  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ . C adalah *calcium oxide* ( $\text{CaO}$ ), S adalah *silicate oxide* ( $\text{SiO}_2$ ), A adalah *aluminium oxide* ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan F adalah *ferrite oxide* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Kandungan-kandungan pada semen akan bereaksi dengan air menjadi bahan yang keras. Reaksi tersebut dikenal sebagai reaksi hidrasi. Reaksi hidrasi semen banyak dimanfaatkan dalam pekerjaan konstruksi, sebagai contoh semen digunakan sebagai bahan dasar beton dengan mencampur semen dan air serta beberapa bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatannya. Semen ini juga digunakan para peneliti bidang geoteknik untuk perkuatan tanah yang memiliki kadar air tinggi.

### 3.2. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah dimana butiran tanah lempung berukuran lebih kecil dari 75  $\mu\text{m}$  atau lolos saringan no. 200 (saringan standar U.S.) Tanah lempung termasuk tanah berbutir halus dan bersifat plastis. Dimana biasanya indeks plastisitasnya lebih besar dari 4. Tanah lempung memiliki sifat permeabilitas yang tinggi, konsolidasi lambat, kohesif dan sifat kembang susut yang sangat tinggi. Komponen mineral yang ada pada tanah lempung antara lain adalah *silika, alumina, ferrite, quartz, dolomite, calcite, feldspar, montmorillonite, polygorskite, kaolinite.*

### 3.3. Reaksi pada Semen dan Tanah Lempung

Pada pencampuran semen dan tanah lempung akan terjadi suatu reaksi kimia. Reaksi kimia inilah yang akan menyebabkan tanah lempung menjadi lebih keras. Reaksi kimia terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama adalah reaksi hidrasi antara semen dan air pada tanah (reaksi hidrasi primer) seperti pada persamaan (1). Pada persamaan (2) menunjukkan reaksi lanjutan antara senyawa hasil proses hidrasi dengan senyawa kimia pada tanah. Reaksi kimia ini disebut reaksi sekunder. Persamaan reaksi dapat dituliskan seperti dibawah ini:

Reaksi hidrasi primer:

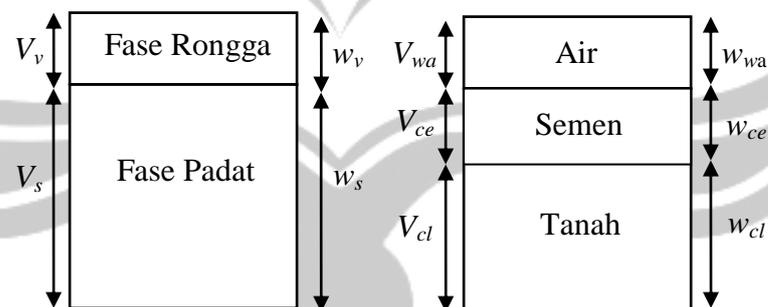


Reaksi sekunder:



Dari reaksi primer akan terbentuk senyawa  $\text{Ca(OH)}_2$ , senyawa inilah yang akan memicu reaksi dengan kandungan kimia pada tanah lempung. Dari reaksi sekunder tersebut terbentuk senyawa baru yaitu CAH (*Calcium Aluminate Hydrate*) dan CSH (*Calcium Silicate Hydrate*). H merupakan hidroksida ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Kedua senyawa itulah yang berpengaruh pada kekuatan tanah campuran semen.

Hasil pencampuran tanah dengan semen akan berpengaruh pada komponen-komponen fase tanah. Fase tanah mulanya hanya berupa tanah dan pori yang dapat berupa air dan/atau udara. Setelah dicampur semen, fase tanah akan terdiri dari tanah, semen dan air. Secara lengkap dan sistematis mengenai fase tanah digambarkan seperti pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Diagram fase tanah dan jenis material**

#### 3.4. Air Laut

Air laut adalah air yang berasal dari laut atau samudra. Air laut memiliki kandungan garam yang tinggi didalamnya. Dalam air laut 96,5% adalah air dan 3,5% adalah garam terlarut. Kandungan garam yang utama di dalam air laut

adalah  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Air laut juga memiliki pH antara 7,5 hingga 8,4. Oleh karena sifatnya yang tidak seperti *fresh water*, air laut menjadi sangat reaktif. Komponen kimia pada air laut secara lengkap dan detail terdapat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Komponen Kimia Laut (Al-moudi, 2002 dan Hara, dkk 2014)**

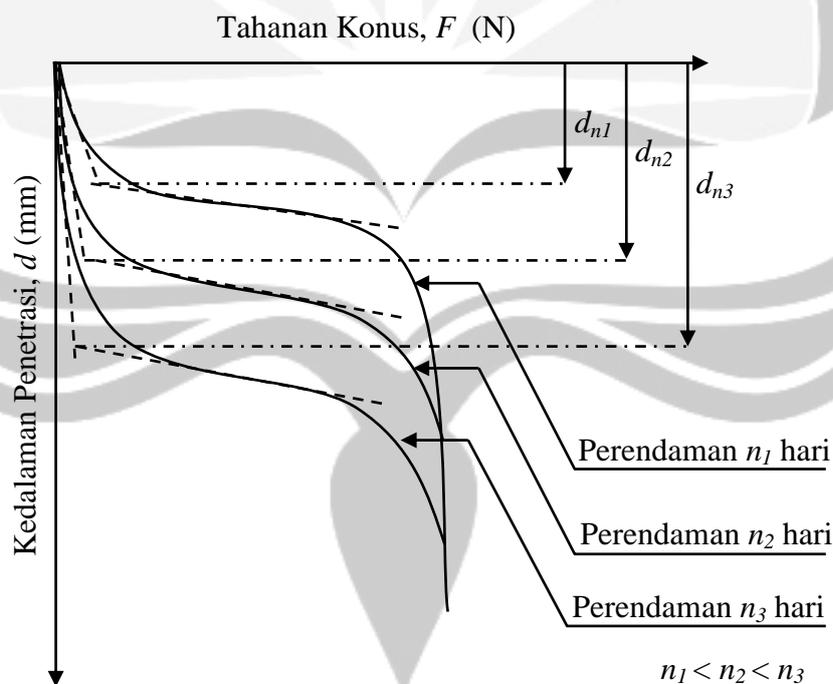
Komponen Kimia (mg/L)	Laut Mediterranean	Laut Baltik	Teluk Arrabian	Laut Ariake
Natrium ( $\text{Na}^+$ )	12.400	2.190	20.700	8.000
Kalium ( $\text{K}^+$ )	500	70	730	369
Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	371	50	760	339
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	1.500	260	2.300	938
Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	21.270	3.960	36.900	23.000
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	2.596	580	5.120	2.615

### 3.5. Reaksi Air Laut dan Semen

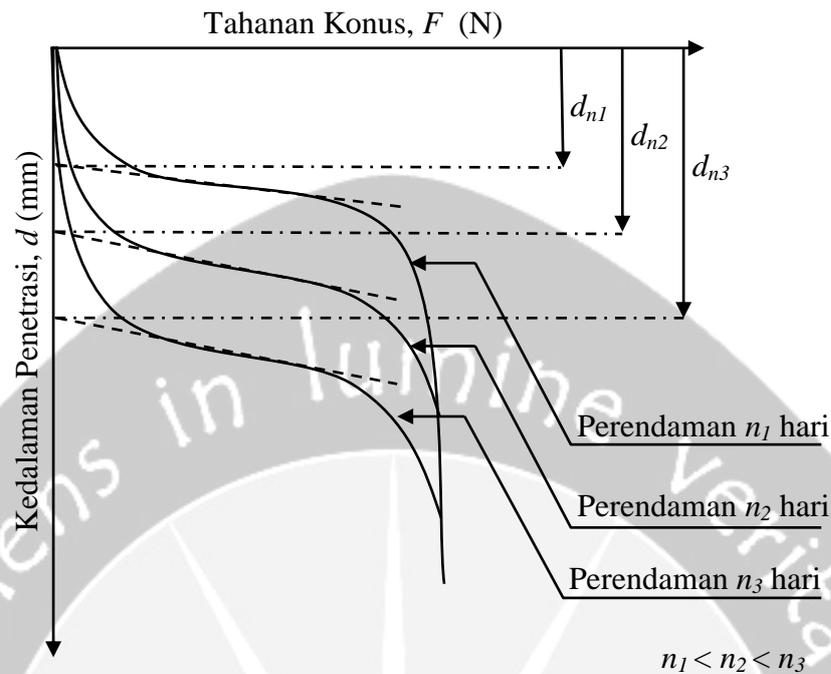
Semen yang berupa beton apabila direndam dengan air laut akan saling bereaksi. Kandungan-kandungan dalam air laut akan bereaksi dengan kandungan dalam beton. Magnesium sulfat akan bereaksi menjadi magnesium silikat hidrat dan menyebabkan kerusakan dan degradasi pada beton. Ion Karbonat dan Bikarbonat menyebabkan beton retak dan mengalami pelebaran internal. Alkali dan klorida bereaksi menyebabkan degradasi dan karat pada beton yang terendam air laut (Mather, 1964). Pada kasus lain, *ettringite* yang dihasilkan oleh reaksi antara *gypsum* dan monosulfat atau kalsium aluminat hidrat (CAH) menyebabkan ikatan semen menjadi lemah ketika bereaksi dengan sulfat (Cohen, dkk 2002). Oleh karena itu, air laut akan menyebabkan reaksi yang dapat menurunkan ketahanan semen.

### 3.6. Degradasi oleh Air Laut

Degradasi adalah suatu kondisi dimana dalam suatu sampel terjadi pelapukan yang dikarenakan faktor dari luar maupun reaksi dari dalam beton itu sendiri. Degradasi ini akan mengurangi kekuatan suatu bahan maupun konstruksi yang ada. Kedalaman degradasi dapat ditentukan dari grafik uji penetrasi berdasarkan hasil Hara, dkk (2014) pada Gambar 3.2 dan menurut Liu, dkk (2016) pada Gambar 3.3. Tingkat degradasi karena air laut dipengaruhi oleh lamanya waktu perendaman, kadar kandungan garam dalam air laut dan kadar semen dalam campuran tanah campuran semen. Kedalaman degradasi disimbolkan sebagai  $d_n$  dan waktu perendaman disimbolkan dengan  $n$ .



Gambar 3.2. Penentuan kedalaman degradasi (Hara, dkk. (2014))



**Gambar 3.3 Penentuan kedalaman degradasi (Junjie, dkk (2016))**

Kurva pendekatan hasil uji penetrasi laboratorium pada Gambar 3.4 didekatkan dengan persamaan (3) dan disederhanakan seperti Gambar 3.5 dari menjadi kurva fitting (Handoko, 2017). Kurva fitting adalah suatu kurva yang dapat mewakili setiap poin dari data hasil uji lab.

$$R = R_{ref} - \frac{R_{ref}}{(1 + (\alpha d)^\beta)^\gamma} \quad (3)$$

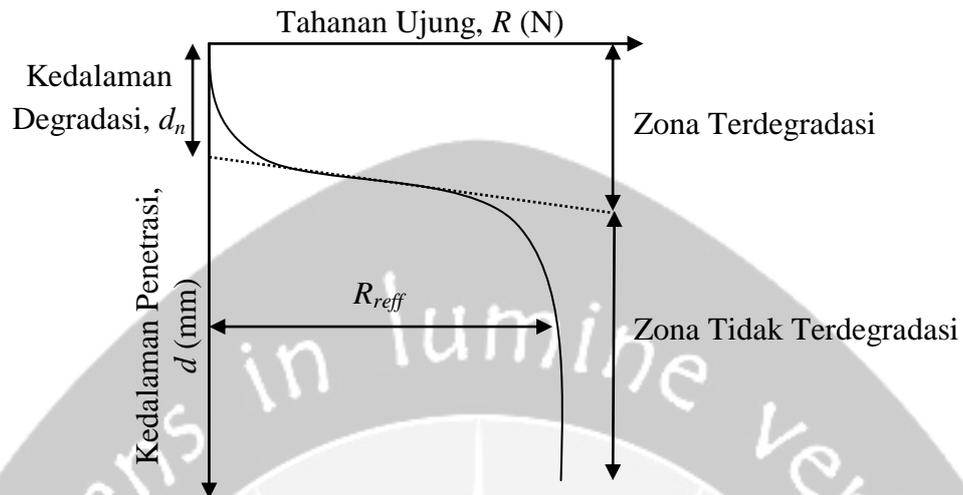
Keterangan:

$R$  = Tahanan ujung (N)

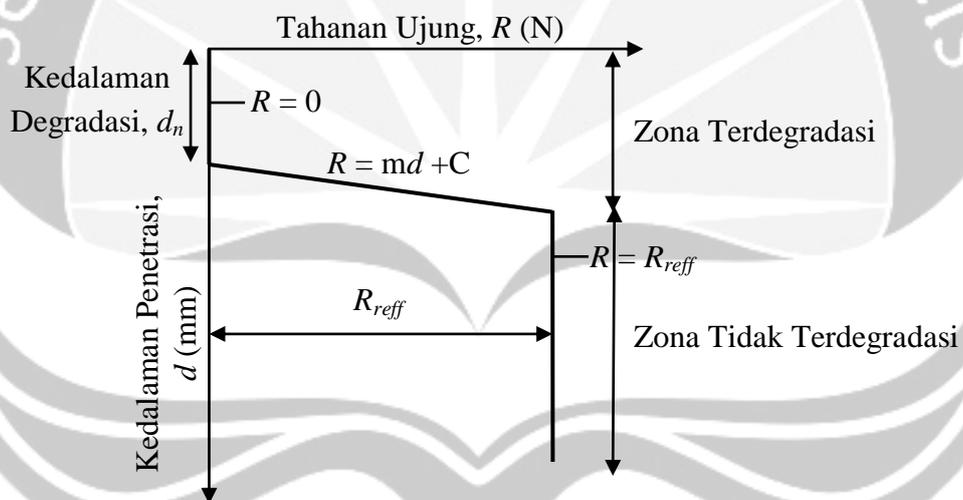
$R_{ref}$  = Tahanan ujung referensi (N)

$d$  = Kedalaman penetrasi (mm)

$\alpha, \beta, \gamma$  = Konstanta fitting



**Gambar 3.4 Pendekatan hasil uji penetrasi laboratorium (Handoko (2017))**



**Gambar 3.5 Penyederhanaan hasil uji penetrasi laboratorium (Handoko (2017))**