

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

1. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland, agregat (agregat kasar dan agregat halus), air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodimuljo, 1996). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi. Beton merupakan material yang bersifat getas. Menurut Nawy (1985) dalam Mulyono (2005), beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Dalam keadaan segar beton mudah dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. Apabila campuran beton dibiarkan maka akan mengeras seperti batu. Pengerasan itu terjadi akibat peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Hal ini berjalan selama waktu yang panjang. Campuran beton bertambah keras setara dengan umurnya. Beton dalam keadaan mengeras mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Untuk mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya. Umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca). Selain itu beton juga tahan terhadap serangan korosi. Menurut Dipohusodo (1994) dalam Saputro (2007) nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregatnya. Secara umum kelebihan beton adalah (Mulyono, 2005):

- a. dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. termasuk bahan awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh lingkungan, sehingga biaya perawatannya murah.

- d. biaya pemeliharaan yang kecil.
- e. kuat tekannya tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) maka mampu memikul beban yang berat.

Kekurangan beton antara lain:

- a. bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c. berat.
- d. kuat tarik yang kecil sehingga mudah retak.
- e. daya pantul suara yang keras.

3. Jenis-Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan fondasi, kolom, balok, dan pelat. Menurut Mulyono (2005) terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu :

- a. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
- b. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang diisyaratkan, dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
- c. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
- d. Beton *prestress* (pratekan) adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
- e. Beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi ketentuan

- f. Beton ringan total atau beton ringan berpasir adalah beton yang seluruh agregat halus dengan berat normal.

B. Beton Mutu Tinggi

Dalam perkembangan ilmu teknologi beton telah dikembangkan beton mutu tinggi. Beton mutu tinggi mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa atau lebih (Mulyono, 2004). Ditinjau dari segi bahan-bahan pembentuk beton, dalam pembuatan beton normal, semen merupakan bahan termahal, oleh karena itu penggunaan sejumlah semen yang dipergunakan jauh lebih banyak sehingga harga beton mutu tinggi lebih mahal dibandingkan beton normal.

C. Bahan Penyusun Beton

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat sangat ditentukan oleh sifat bahan penyusunnya, nilai perbandingan dari bahan-bahan penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Beton mempunyai karakteristik yang spesifiknya terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut:

1. Semen *Portland Pozzolan*

Semen *Portland Pozzolan* adalah suatu semen *hidrolis* yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dengan *pozzolan* halus, yang diproduksi dengan menghaluskan klinker semen Portland dan *pozzolan* bersama-sama. *Pozzolan* merupakan bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen. Bahan dasar semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya (Tjokrodimuljo, 2007)

Di dunia sebenarnya terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang

digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Kualitas semen sangat mempengaruhi kualitas beton, yang mana semakin besar pemakaian semen maka beton semakin kuat, namun jika terlalu banyak juga tidak menjamin kekuatan yang baik (Nugraha dan Antoni, 2007 dalam Kurniawan, 2010).

Walaupun kompleks, namun pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting untuk pembentukan semen yaitu:

a. Trikalsium silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$

Senyawa ini segera mulai berhidrasi dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama pada 14 hari sebelumnya.

b. Dikalsium silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

Senyawa ini bereaksi dengan air lebih lambat, sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari.

c. Trikalsium aluminat (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$

Senyawa ini berhidrasi dan bereaksi sangat cepat, sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi dan memberikan kekuatan setelah 24 jam.

d. Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

Senyawa ini kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 2007). Bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap proses pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya, unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari.

Unsur C_3A dan C_4AF adalah unsur-unsur tambahan semen, terutama unsur kimia (*chemical*

Unsur C_3A bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam. Unsur C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40% beratnya, namun karena jumlah unsur ini sangat sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 5% akan berakibat kurang tahan terhadap serangan asam sulfat, karena hasil hidrasi C_3A mudah bereaksi dengan larutan sulfat. Hasil reaksi ini menghasilkan zat kimia baru yang dinamakan *ettringite*, volumenya lebih besar (mengembang), sehingga membuat beton menjadi retak.

Unsur yang keempat dan yang paling sedikit kandungannya dalam semen adalah C_3AF sehingga kurang begitu berpengaruh terhadap kekerasan semen atau beton. Pada semen biasa susunan kimia tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Susunan Unsur Semen Portland

Oksida	Persen
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₂)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda/Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

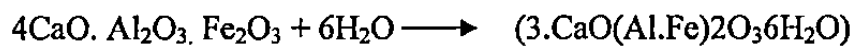
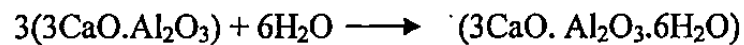
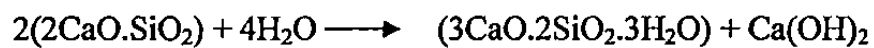
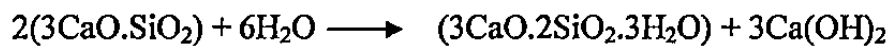
Sumber: (Tjokrodinuljo, 2007)

Perbedaan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Semen portland di Indonesia [Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam, (SK SNI S-04-1989-F)] semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.

- b. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama yang terjadi pada semen Portland adalah $3\text{CaO}.\text{2SiO}_2.\text{3H}_2\text{O}$ atau $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ atau CSH yang biasa disebut *tobermorite* yang berbentuk gel. Hasil yang lain berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan sisa dari reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air. Kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodinuljo, 2007).

Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang berkualitas baik pula. Agregat yang baik untuk pembuatan beton sebaiknya memenuhi

- a. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut.
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar.
- c. Tidak mengandung zat organik.
- d. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.
- e. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam pelaksanaannya agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm.
- c. Pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), berdasarkan berat jenisnya agregat juga dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. Agregat normal

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3 juga dapat disebut beton normal.

- b. Agregat berat

Berat jenis agregat ini lebih dari 2,8 misalnya magnetik (Fe_3O_4), barites (BaSO_4), atau sebuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi (sampai 5) yang efektif sebagai dinding pelindung/perisai radiasi sinar X.

- c. Agregat ringan

Agregat ini mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton ringan kurang dari 1800 kg/m^3 . Beton biasanya dipakai untuk elemen-non-struktural, akan tetapi mungkin

yang rendah sehingga struktur pendukungnya dan fondasinya lebih kecil. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan, misalnya:

- 1) Agregat ringan alami misalnya: *diatomite, pumice, volcanic cinder*.
- 2) Agregat ringan buatan misalnya: tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*sintered fly-ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*).

Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah (misalnya kerikil) atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam, membakar tanah liat, dan sebagainya.

Agregat pecahan batu (kerikil maupun pasir) diperoleh dengan memecah batu menjadi butiran sebesar yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, mengayak, dan seterusnya.

Agregat kasar menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia perlu diuji terhadap keausan (dengan menggunakan mesin *Los Angeles*). Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Persyaratan kekerasan agregat kasar

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan mesin <i>Los Angeles</i> , Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10 MPa - 20 MPa)	40
Kelas III (diatas 20 MPa)	27

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007)

Pori-pori dalam butir agregat mungkin terisi air. Berdasarkan banyaknya kandungan air di dalam agregat, maka kondisi agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat kandungan airnya, yaitu (Tjokrodimuljo, 2007) :

- b. Kering udara yaitu keadaan dimana butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirnya kering. Oleh karena itu agregat pada kondisi ini masih dapat menyerap air.
- c. Jenuh kering muka yaitu keadaan dimana pada permukaan butir agregat tidak ada air, akan tetapi di dalam butir agregat berisi air. Agregat pada kondisi ini tidak menyerap air dan tidak menambah jumlah air.
- d. Basah yaitu kondisi dimana butir-butir agregat mengandung banyak air, baik di permukaan maupun di dalam butiran agregat. Sehingga bila digunakan dalam adukan akan menambah jumlah air.

Keadaan jenuh kering muka lebih disukai sebagai standar dalam campuran beton (*mix design*), hal ini disebabkan karena keadaan jenuh kering muka merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya, selain itu kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.

Gradasi adalah distribusi ukuran butir dari agregat. Butiran agregat yang memiliki ukuran yang sama (seragam) akan membuat volume pori antara agregat menjadi semakin besar dan butiran agregat dengan ukuran yang bervariasi akan membuat volume pori antara agregat menjadi semakin besar dan butiran agregat dengan ukuran yang bervariasi akan membuat volume pori antara agregat menjadi kecil (Tjokrodimuljo, 1996).

3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Pada pembuatan beton, semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Untuk itu air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen (hidrasi semen). Selain air juga berfungsi menjadi bahan pelumas

Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25%-30% dari berat semen yang digunakan, namun dalam kenyataannya jika nilai faktor air semen kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih dari 0,40 (berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen). Kelebihan air ini diperlukan sebagai pelumas agar adukan beton dapat dikerjakan. Makin banyak air maka adukan beton semakin mudah dikerjakan. Akan tetapi setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi *porous* (keropos) sehingga kekuatannya rendah. Pada beton segar akan tidak dapat dikerjakan dengan sempurna sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah.

Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton, tetapi tidak berarti air untuk pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan (Mulyono, 2003).

Kualitas beton akan berkurang jika air mengandung kotoran. Air yang mengandung kotoran berpengaruh terhadap lamanya waktu ikatan awal adukan beton serta kekuatan beton setelah mengeras. Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (standar SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A dalam Tjokodimuljo, 2007) :

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter.
- d. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram per liter. Khusus

... khlorida tidak boleh lebih dari 0,05

e. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram per liter.

4. Bahan Tambahan Beton (*Admixture*)

Bahan tambahan beton (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukannya atau betonnya. Bahan tambahan yang dimaksud dapat berupa bahan kimia (*chemical admixture*) atau bahan lainnya.

Jumlahnya yang relatif sedikit tetapi pengaruhnya cukup besar pada beton mengakibatkan bahan tambah sering digunakan. Bahan tambah biasanya digunakan pada dosis tertentu, kesalahan dalam dosis penggunaan serta cara pemakaiannya dapat berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan.

Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain :

- a. Mempercepat pengerasan.
- b. Menambah kelecakan (*workability*) beton segar.
- c. Menambah kuat tekan beton.
- d. Meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton.
- e. Mengurangi retak-retak pengerasan
- f. Mengurangi panas hidrasi.
- g. Menambah kekedapan.
- h. Menambah keawetan.

D. Pengolahan dan Karakteristik Lumpur Lapindo

Pada dasarnya pengaruh lumpur yang tidak diolah akan lebih banyak merugikan terhadap sifat-sifat beton. Beberapa pengaruh yang terjadi bila kadar lumpur terlalu banyak atau melebihi jumlah yang diisyaratkan, adalah :

1. Lumpur dan tanah liat adalah jenis agregat dengan kekuatan yang rendah. Semakin banyak kandungan lumpur dalam campuran beton maupun dalam campuran mortar maka kekuatan konstruksinya akan semakin kecil.
2. Semakin banyak jumlah lumpur dalam campuran beton maupun mortar, maka

semen yang semakin banyak untuk mengikat permukaan antar masing-masing agregat. Jika digunakan komposisi yang tetap antara semen, pasir, dan kerikil padahal jumlah lumpur melebihi yang diisyaratkan maka kekuatan pengikatannya akan berkurang.

3. Lumpur dan tanah liat adalah material yang banyak menyerap air, sehingga adukan atau campuran beton biasa berubah. Ketika beton masih muda, pengikatan antara semen dengan agregat pasir ataupun kerikil akan terganggu. Penambahan air terhadap adukan beton akan membuat kekuatan beton tidak kuat dan akan didapatkan hasil beton yang kurang baik. Penambahan air yang diizinkan terhadap campuran maksimum 9% dari jumlah komposisi air yang diisyaratkan (Pujianto, 2010).
4. Ketika beton telah mengeras, lumpur mempunyai hubungan kontak langsung dengan air melalui pori-pori beton, maka lumpur akan mengembang ataupun menyusut di dalam beton. Jika hal ini terjadi maka dalam waktu yang lama akan mengakibatkan beton menjadi lemah.
5. Apabila lumpur terlalu banyak di dalam beton, maka akan membuat pelaksanaannya (*workability*) menjadi sulit. Apabila jumlah air terlalu banyak maka akan membuat pori-pori yang ditinggalkan air setelah mengering akan banyak. Hal ini mengakibatkan beton menjadi keropos dan menurunkan kekuatan beton.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan pengolahan dan karakteristik lumpur, yaitu dengan cara dikeringkan dan dihancurkan dengan menggunakan mesin penghancur kopi sebagaimana yang telah dilakukan oleh Soekrisno dkk, (2007 dalam Pujianto, 2010) dalam menghancurkan lempung. Bubuk lumpur atau lempung tersebut dikarakterisasi awal, yaitu dengan pemanasan dan dilanjutkan pengayakan (*meshing*). Ukuran butir bubuk lumpur yang digunakan adalah yang melalui *mesh* 200 (*grain size* < 0,075 mm). Untuk menghilangkan berbagai bahan pelarut dan unsur lain yang merugikan seperti karbon dan sulfur, bubuk lumpur dipanaskan pada suhu 800°C selama 4 jam.

Jenis bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah bubuk

Sidoarjo, Jawa Timur. Pengujian kandungan kimia bubuk lumpur lapindo di Labotarium Kimia Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) Yogyakarta dibagi menjadi dua jenis pengujian yaitu pengujian lumpur asli dan pengujian pada lumpur yang telah dipanaskan 800° C selama 4 jam. Hasil pengujiannya ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3. Kandungan Lumpur Lapindo

Oksida	Lumpur asli (%)	Lumpur setelah dipanaskan 800° C selama 4 jam (%)
Silika (SiO ₂)	53,08	56,68
Alumina (Al ₂ O ₃)	18,27	20,47
Besi (Fe ₂ O ₂)	5,60	7,92
Natrium (Na ₂ O)	2,97	2,96
Sulfur (SO ₂)	2,96	2,27
Magnesium (MgO)	2,89	1,96
Kapur (CaO)	2,07	1,81
Kalium (K ₂ O)	1,44	0,91
Titanium (TiO ₂)	0,57	-

Sumber: BPPTK, 2011

Dari 2 data hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa bubuk lumpur Lapindo yang telah dipanaskan 800°C selama 4 jam mengalami peningkatan pada kandungan oksida silika (SiO₂) dan oksida alumina (AlO₃).

Partikel lumpur Lapindo tidak mempunyai sifat hidrasi seperti semen, namun karena mempunyai kandungan utama oksida silika (SiO₂) yang cukup tinggi, maka pada suhu biasa dapat bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂), membentuk terutama senyawa kalsium silikat hidrat (CSH gel) sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton, disamping itu dengan adanya bubuk lumpur lapindo yang berbutir sangat halus dapat mengisi pori-pori pada beton secara lebih baik, sehingga didapatkan beton yang bermutu tinggi dan porositasnya lebih rendah (Pujiyanto, 2010).

E. *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah Bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi.

Superplasticizer adalah zat-zat polymer organik yang dapat larut dalam air yang telah dipersatukan dengan menggunakan proses polymerisasi yang komplek untuk menghasilkan molekul-molekul panjang dari massa molecular yang tinggi. Molekul-molekul panjang ini akan membungkus diri mengelilingi partikel semen dan memberikan pengaruh negatif yang tinggi sehingga antar partikel semen akan saling menjauh dan menolak. Hal ini akan menimbulkan pendispersian partikel semen sehingga mengakibatkan keenceran adukan dan meningkatkan workabilitas. Perbaikan workabilitas ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan beton dengan workability yang tinggi atau menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi.

Penggunaan *admixture* dalam campuran beton juga dapat menambah nilai kuat tekan beton. Salah satu *admixture* yang bisa dipergunakan adalah *superplasticizer* yang berfungsi sebagai *water reducer*. Penambahan *admixture* ini mengakibatkan kebutuhan air untuk reaksi hidrasi beton dengan agregat yang bersifat porous akan tetap namun kemudahan pengerjaan (workabilitas) beton akan tetap baik. Pada proporsi tertentu *superplasticizer* akan mendispersi semen menjadi lebih merata, sehingga akan menghasilkan reaksi hidrasi yang lebih sempurna. Reaksi ini akan membuat gel menjadi lebih kompak dan padat sehingga daya ikat campuran menjadi lebih kuat dan meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan. Penambahan *superplastizer* yang melebihi dosis optimal akan menyebabkan semen terdispersi ke segala arah dan menghasilkan gel yang tidak kompak sehingga daya ikat gel tidak sempurna. Hal ini menyebabkan

Semakin besar faktor air semen (FAS) yang digunakan semakin besar porositas, sebaliknya semakin kecil faktor air semen (FAS) maka semakin kecil porositas. Untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan yang tinggi maka harus digunakan faktor air semen yang rendah, namun jika faktor air semen terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pemadatan tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunnya kuat tekan beton. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan *superplasticizer* yang sifatnya dapat mengurangi air.

Superplasticizer dapat memperbaiki *workability* namun tidak terpengaruh besar dalam meningkatkan kuat tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan. Namun kegunaan *superplasticizer* untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. Pengurangan ini tergantung dari kandungan air yang digunakan, dosis dan tipe dari *superplasticizer* yang dipakai. (L.J. Parrot, 1998).

Superplasticizer tidak akan menjadikan “encer” semua campuran beton dengan sempurna, oleh karenanya campuran harus direncanakan untuk disesuaikan.

Untuk meningkatkan *workability* campuran beton, penggunaan dosis *superplasticizer* secara normal berkisar antara 1-3 liter tiap 1 meter kubik beton. Larutan *superplasticizer* terdiri dari 40% material aktif. Ketika *superplasticizer* digunakan untuk mengurangi jumlah air, dosis yang digunakan adalah lebih besar, 5 sampai 20 liter tiap 1 meter kubik beton. (Neville, 1995).

Menurut (Edward G Nawy, 1996). *Superplasticizer* dibedakan menjadi 4 jenis: Koondensasi *sulfonat melamin formaldehyde* (SMF) dengan kandungan klorida sebesar 0,005%. *Sulfonat naphthalin formaldehid* (SNF) dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan. Modifikasi *lignosulfonat* tanpa kandungan klorida. *Carboxyl acrylic ester copolymer*. Keempat jenis bahan tambahan ini terbuat dari sulfonat organik dan disebut *superplasticizer* karena bahan ini dapat mengurangi air pada campuran beton sementara slump beton bertambah sampai 8 in (208 mm)

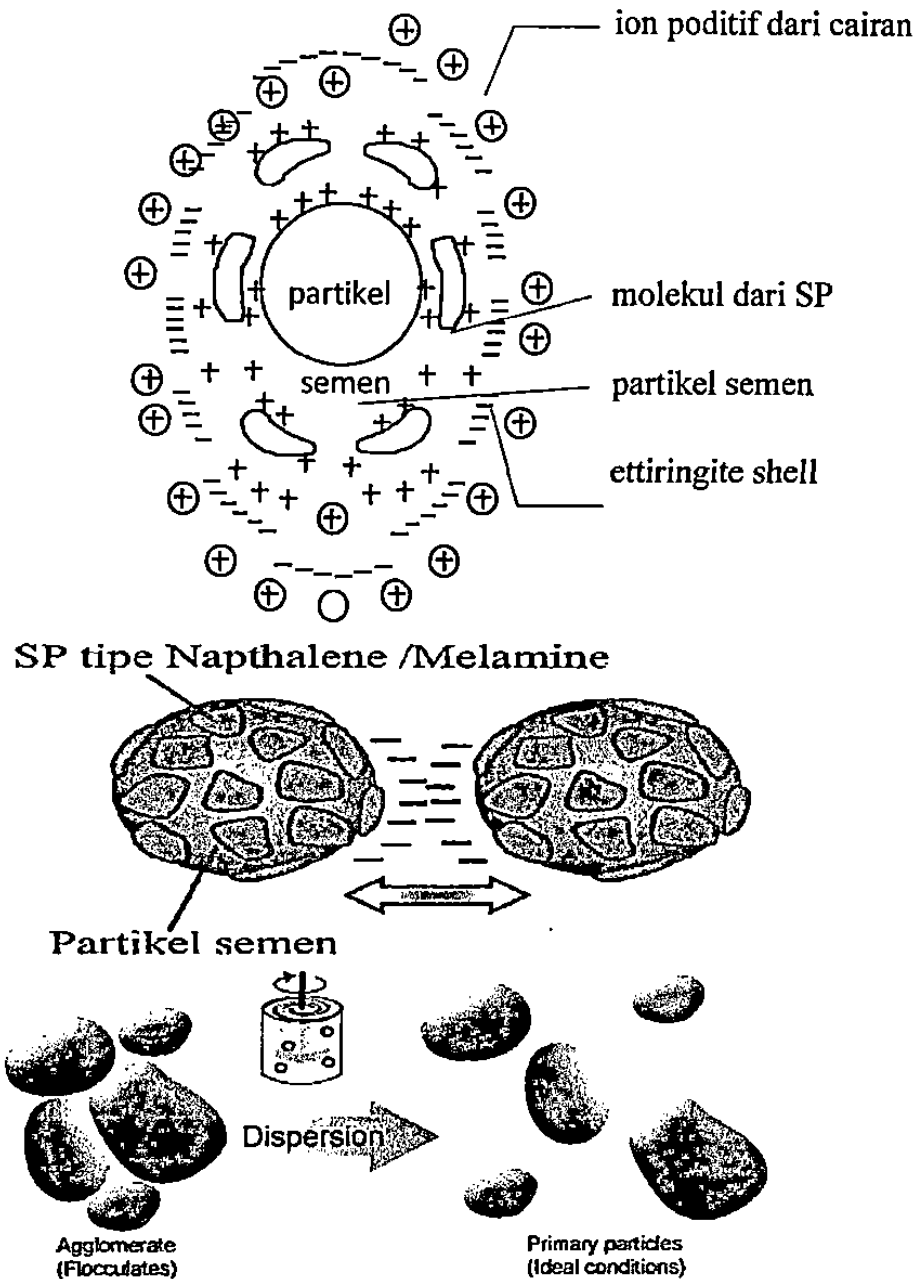
tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama.

Adapun cara kerja *superplasticizer* yaitu butiran partikel semen mempunyai kecenderungan untuk menjadi satu membentuk kumpulan ketika bercampur dengan air. Hal ini menyebabkan terjebak diantara kumpulan partikel semen tersebut. Dampak dari air yang terjebak di antara partikel semen ini antara lain mengurangi flowability dan kelecakan dari campuran, juga menghasilkan rongga-rongga yang dapat mengurangi kekuatannya. Agar partikel semen tidak berkumpul, partikel semen tersebut perlu didispersikan dengan *superplasticizer*. (*TEKNOLOGI BETON dari material, pembuatan, kebeton kinerja tinggi/Paul Nugraha*).

Hal-hal yang memengaruhi fungsi Superplasticizer, antara lain : dosis atau kadar, tipe semen, jenis dan gradasi agregat, susunan campuran dan suhu pada saat pengerjaan. Dosis Superplasticizer yang disarankan adalah 1-2 % dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan segregation dan prolonged set retardation, serta berkurangnya kekuatan tekan beton (Imran, 2006).

Superplasticizer atau range water reducer dalam hal ini mutlak diperlukan karena kondisi fas umumnya sangat rendah pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, untuk bisa mengontrol dan menghasilkan nilai *slump* yang optimal pada beton segar (*workable*), sehingga bisa dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Namun dalam segala hal, penggunaan *superplasticizer* perlu sesuai dengan standard ASTM-C498-81 tipe F.

Ketepatan dosis penambahan *superplasticizer* umumnya perlu dibuktikan dengan membuat campuran percobaan (*trial mixes*) dengan beberapa variasi dosis penambahan *superplasticizer* (dalam hal ini digunakan sikamen 163, produk PT. Sika Nusa Pratama), menunjukkan peningkatan nilai *slump* yang memuaskan pada fas yang rendah (fas = 0,28 dan nilai *slump* awal 1,5 cm), yaitu mencapai nilai slump 9,5 cm pada penambahan superplasticizer dengan dosis 1,25%, nilai slump 12,5 cm pada penambahan superplasticizer dengan dosis 2% (Suartono, 1998)



Gambar 2.1 Reaksi *superplasticizer* dalam beton

Superplasticizer (*Sikament NN Tipe F*) adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena dapat menimbulkan masalah-masalah lain seperti *bleeding*. *Superplasticizer* dapat

mereduksi air sampai 35% dari campuran awal Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *Superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai slump yang tinggi. Keistimewaan penggunaan superplasticizer dalam campuran pasta

semen maupun campuran beton antara lain:

1. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan workability tinggi.
2. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
3. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.
4. Tidak ada udara yang masuk. Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan strength rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga "air content" didalam beton serendah mungkin. Penggunaan superplasticizer menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam beton.
5. Tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan Secara umum, partikel semen dalam air cenderung untuk berkolesi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambahkan superplasticizer, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispersi.

Dengan kata lain superplasticizer mempunyai dua fungsi yaitu, mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel dan mencegah kohesi antar semen. Fenomena dispersi partikel semen dengan penambahan *Superplasticizer* dapat menurunkan viskositas pasta semen, sehingga pasta semen lebih fluid/alir. Hal ini