

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Materi yang dibahas dalam penelitian ini berdasarkan referensi maupun peraturan mengenai teknologi beton yaitu teori tentang beton, bahan dasar pembentukan beton, limbah padat *slag*, uap silika (*Silicafume*), perencanaan pencampuran beton (*Mix Design*), dan penelitian-penelitian terdahulu.

2.2. Teori Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (*SNI 03-2847-2002*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material penyusunnya ditentukan antara lain oleh :

1. Faktor Air Semen

Perbandingan antara air dengan semen atau yang disebut faktor air semen (FAS) adalah untuk menentukan jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton. Air dalam pembuatan beton berfungsi untuk ; membasahi agregat (untuk penyerapan atau absorpsi), untuk memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*), dan untuk proses kimiawi semen (hidrasi semen).

2. Agregat Halus (Pasir)

Syarat mutu SII.0052-80, “*Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*” untuk agregat halus umumnya mempunyai MHB (Modulus Halus Butir) sekitar 1,5 sampai 3,8. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai MHB sekitar $2,5 < MHB < 3,0$ umumnya menghasilkan beton mutu tinggi (*Larrard, 1990*). Gradasi yang baik dan teratur (*continous*) dari agregat halus akan menghasilkan beton yang

mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi sela (*gap*) atau seragam. Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton segar maupun beton keras.

3. Agregat Kasar

Ukuran butir maksimum agregat kasar akan mempengaruhi mutu beton yang dibuat. Hasil penelitian Larrard (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan bukti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. Namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya. Menurut syarat mutu SII.0052-80, “*Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*” untuk agregat kasar umumnya mempunyai MHB (Modulus Halus Butir) sekitar 6,0 sampai 7,1.

Gradasi yang baik dan teratur (*continous*) dari agregat kasar akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi sela (*gap*) atau seragam. Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton segar maupun beton keras.

4. Bahan Tambah

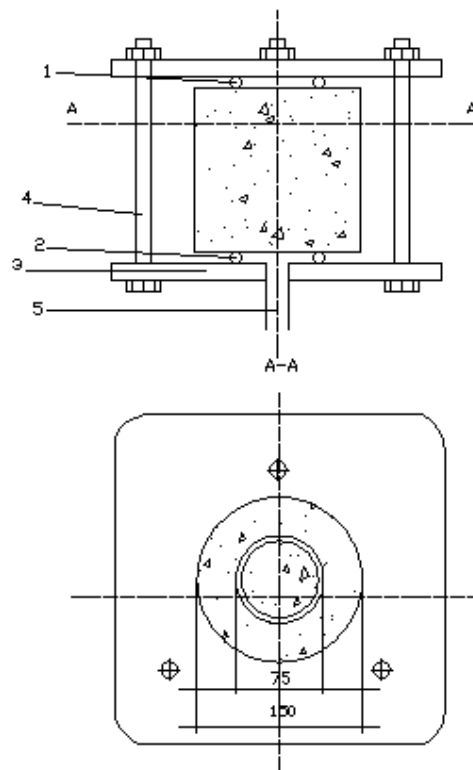
Bahan tambah yang digunakan adalah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*) jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya. Bahan tambah *additive* yang digunakan adalah *silicafume*.

5. Kontrol Kualitas

Untuk menghasilkan beton yang bermutu tinggi, faktor kontrol terhadap kualitas proses produksi beton pada saat pengambilan sampel, pengujian maupun proses penakaran sampai perawatan mutlak menjadi perhatian penting.

2.2.1 Penetrasi Air Bertekanan

BS EN 12390-8:2000, standar ini menetapkan suatu metode bagi penentuan kedalaman penetrasi air dibawah tekanan kedalam beton yang telah mengeras, yang telah di-cured air. Spesimen uji, dari suatu ukuran tertentu, perlu diletakan dalam setiap peralatan yang sesuai dengan suatu cara tertentu dimana tekanan air dapat bertindak di area pengujian dan tekanan yang diberikan dapat terus menerus ditunjukkan. Pengaturan pengujian ditunjukkan dalam gambar.



Gambar 2.1 Uji kedalaman penetrasi dengan air bertekanan

Keterangan:

1. Packing Pelat
2. Karet penyegel
3. Pelat penahan
4. Mur pengunci
5. Air bertekanan

Pengujian sebaiknya dilakukan ketika umur spesimen paling sedikit 28 hari, spesimen sebaiknya berbentuk kubus, silinder atau prisma dengan panjang dari ujung keujung atau diameter tidak kurang dari 150mm. Letakan spesimen dalam peralatan dan berikan air bertekanan sebesar 500 ± 50 kPa selama 72 ± 2 jam. Setelah tekanan diberikan beberapa waktu, angkat spesimen dari perangkat, usaplah permukaan dimana tekanan air telah diberikan untuk menghilangkan kelebihan air. Bagilah spesimen menjadi 2 bagian, secara tegak lurus dari tekanan air yang diberikan. Sesegera mungkin setelah sisi yang dibagi telah dikeringkan pada suatu tingkat dimana bidang penetrasi air dapat secara jelas dilihat, tandailah bidang air spesimen. Ukur kedalaman maksimum penetrasi di area uji dan catatlah hingga millimeter terdekat.

2.2.2 Workabilitas

Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam pencampuran, pengangkutan, penuangan, dan pematatannya. Suatu adukan dapat dikatakan cukup *workable* jika memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. *Plasticity*, artinya adukan beton harus cukup plastis (kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk adukan.
- b. *Cohesiveness*, artinya adukan beton harus mempunyai gaya – gaya kohesi yg cukup sehingga adukan saling melekat selama proses pengerjaan beton.
- c. *Fluidity*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
- d. *Mobility*, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak / berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton, makin cair adukan makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dilakukan pengujian *slump*.

2.2.3. Kuat Tekan Beton

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder (diameter 100 mm, tinggi 200mm) pada umur 28 hari yang dibebani

dengan gaya tekan sampai dengan hancur. Jika menggunakan kubus bersisi 150 mm, maka hasilnya harus dikonversi dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

dimana σ = kuat tekan silinder (Mpa)
P = gaya tekan (N)
A = luas permukaan (mm²)

Rumus 2.1. Persamaan Konversi Nilai Kuat Tekan Beton

Berdasarkan kuat tekan, beton dapat digolongkan dalam beton normal, beton mutu tinggi dan beton mutu sangat tinggi. Menurut *Supartono* (1998) beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 50 Mpa, sedang beton mutu sangat tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 80 Mpa.

2.3. Bahan Dasar Pembentukan Beton

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat kasar dan agregat halus) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan mutu yang baik, maka sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan material penyusun tersebut perlu dipelajari.

Agregat normal baik agregat kasar dan agregat halus harus memenuhi syarat mutu sesuai dengan syarat ASTM C.33 - 02a, "*Standard Spesification for Concrete Aggregates*".

2.4. Limbah Padat (*Slag*)

Ground Blast-furnace Slag adalah kerak (*slag*) merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ASTM C.989 - 99, "*Standard spesification for ground granulated Blast-Furnace Slag for use in concrete and mortars*" adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkan dalam air.

Slag baja yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil limbah olahan besi-besi rosok dari PT. Inti General Yaja Steel (I.G.Y.S) Semarang. Proses peleburan baja sendiri menggunakan metode *Electric Furnace Steel* dimana digunakan listrik sebagai pengganti bahan bakar untuk proses melelehkan dan memurnikan baja. *Electric furnace steel* lebih khusus digunakan untuk memproduksi *stainless steels* dan baja paduan tinggi lainnya yang harus dibuat dengan spesifikasi yang tepat.

2.5. Uap Silika (*Silicafume*)

Menurut standar “*Standar Spesification for Use of Silica Fume as a Mineral Admixture in Hydraulic Cement Concrete and Mortar*” (ASTM C.1240 - 01) *silicafume* adalah material pozzollan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau alloy besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silicafume*).

Silicafume atau disebut juga mikrosilika merupakan limbah yang memiliki kandungan *silica* (SiO_2) mencapai 85-95%. Ukuran butiran silika yang sangat halus berkisar 0,1-1 μm lebih kecil dibandingkan butiran semen yang berkisar 5-50 μm . Jika ditambahkan pada adukan beton, akan mengisi rongga-rongga di antara butiran semen sehingga beton akan menjadi lebih kompak dan padat.

2.6. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

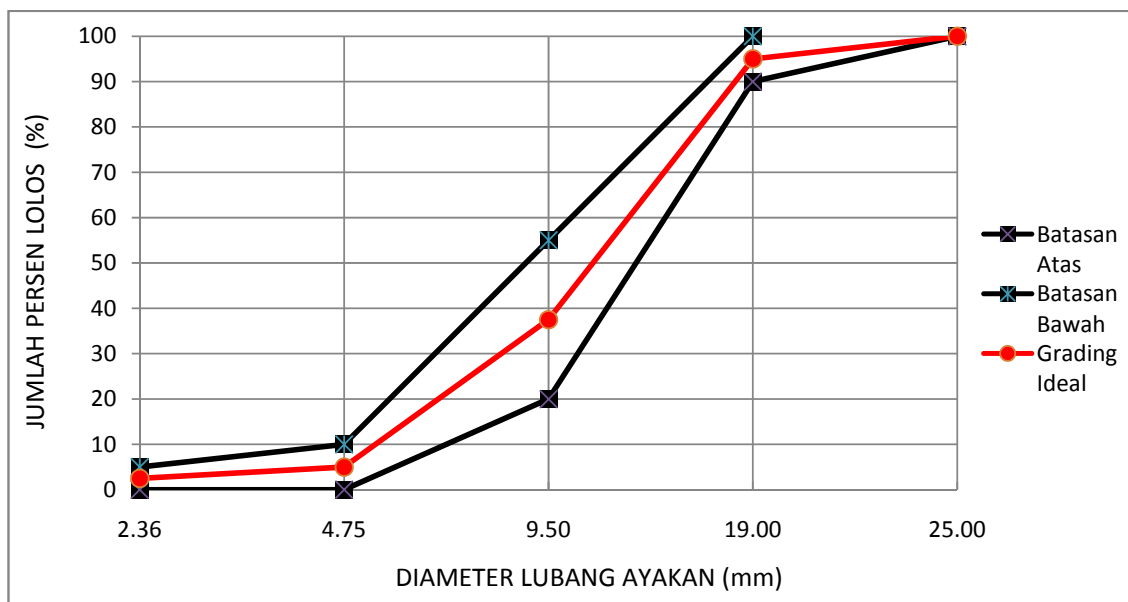
Tujuan utama mempelajari sifat-sifat beton adalah untuk perencanaan campuran (*mix design*), yaitu pemilihan bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton ekonomis dengan kualitas yang baik (Antoni-P.Nugraha, 2007). Dalam penelitian ini, *mix design* dilaksanakan menggunakan cara DOE (*Department of Environment*). Perencanaan dengan cara DOE dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia dan dimuat dalam buku standar SK SNI T-15-1990. Pemakaian metode DOE dikarenakan metode ini yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat, diantaranya penggunaan rumus dan grafik yang sederhana dan kondisi agregat waktu pencampuran beton pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*).

Secara garis besar langkah perhitungan *mix design* cara DOE dapat diuraikan sebagai berikut: menentukan kuat tekan rata-rata rencana (f^c); faktor air semen; nilai

slump; besar butir agregat maksimum; kadar air bebas; proporsi agregat; berat jenis agregat gabungan; menghitung proporsi campuran beton; dan koreksi proporsi campuran.

Untuk beton dengan menggunakan *slag*, maka split disubstitusi dengan *slag* dengan rasio 100% menggunakan perbandingan volume. Untuk mendapatkan substitusi yang baik maka gradasi split dan slag disamakan, dengan menggunakan gradasi ideal menurut standar ASTM C33-02a. Gradasi agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Grafik 2.1. Pembagian Butir Agregat Kasar ($\frac{1}{2}$)



2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebagai referensi tambahan yaitu :

1. Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat (*Slag*) Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton (*Vena Rsp Dkk, 2006*)

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa limbah padat (*Slag*) dapat digunakan sebagai bahan konstruksi struktural sebab kuat tekan meningkat seiring dengan kenaikan prosentase variasi *Slag* (60%, 80%, 100%), dan kandungan logam berat yang terkandung dalam slag masih di ambang batas yang diijinkan US EPA dan Bapedal., Sehingga *Steel Slag* dapat digunakan sebagai agregat halus.

2. Penelitian *Slag* Sebagai Pengganti Semen. Teknologi Beton (*Paul Nugraha, 2007*).

Semen *Slag* didapatkan dengan cara menggiling bijih dari *Blast Furnace* yang merupakan hasil dari cairan *Slag* yang dibakar pada suhu 1600° C yang didinginkan secara cepat dan mendadak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menekan harga ataupun untuk mendapatkan sifat – sifat yang khusus.

3. Penelitian Penggunaan Limbah *Slag* (Halus Dan Kasar) Terhadap Kuat Tekan Beton (*Kenwie Dan Tirto, 2008*)

Pada penelitian ini didapatkan penurunan kuat tekan dan kuat tarik, terutama pada prosentase *Slag* 100%. Adanya peningkatan berat beton dan peningkatan *Workability* dengan kenaikan prosentase *Slag*.

4. Penelitian Pengaruh *Silicafume* Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Pada Beton Normal Dan Beton *Slag* (*Nugroho Dan Frans, 2009*).

Pada penelitian ini disimpulkan, penambahan *silicafume* meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton normal dan beton slag. Kuat tekan tertinggi pada substitusi beton *Slag* + *Silicafume*.

5. Penelitian Pengaruh *Silicafume* Terhadap Perilaku Tegangan – Regangan Dan Poisson's Ratio Pada Beton Normal Dan Beton *Slag* (*Galuh dan Suko, 2009*)

Pada penelitian ini disimpulkan, ada penurunan regangan terhadap beton *Slag* dan beton yang menggunakan *Silicafume*. Penambahan *Silicafume* dapat meningkatkan nilai *Poisson's Ratio* pada beton split maupun beton *Slag*