

BAB II
KERANGKA TEORITIS, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS
PENELITIAN

2.1 Kerangka Teoritis

2.1.1 Beton

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Sedangkan pada SNI 2493:2011 beton didefinisikan sebagai campuran yang terdiri dari semen, air, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambah apabila diperlukan dengan perbandingan tertentu yang bersifat plastis pada saat pertama dibuat dan kemudian secara perlahan-lahan akan mengeras seperti batu. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen-air, yang menyebabkan perkerasan beton.

Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentuknya adalah beton normal, bertulang, pra-cetak, pra-tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lainnya (Mulyono, 2004).

2.1.2 Bahan Penyusun Beton

2.1.2.1 Semen Portland

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama

yang terdiri dari atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Semen Portland merupakan bahan perekat hidrolis yaitu bahan perekat yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan bahan berbentuk benda padat yang tidak larut dalam air (Nugraha & Antoni, 2007).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004).

Bahan utama penyusun semen portland adalah kapur, silika, dan alumina. Ketika semen dicampur dengan air maka terjadilah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia lain yang menyebabkan ikatan dan pengeras dalam semen portland. Semen jika kena air akan bereaksi membentuk suatu bahan yang lengket seperti lem, akhirnya mengeras, peristiwa ini disebut hidrasi (Theodosius & Saleh, 2002)

a. Komposisi Kimia Semen

Bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksidasi besi, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 2.1 Susunan Unsur Semen Portland

| Oksida | Jumlah (%) |
|---|------------|
| Kapur, CaO | 60-65 |
| Silika, SiO ₂ | 17-25 |
| Alumina, Al ₂ O ₃ | 3-8 |
| Besi, Fe ₂ O ₃ | 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 : Tjokrodimuljo, 1996

b. Senyawa Kimia Semen

Empat senyawa yang biasanya dianggap sebagai unsur pokok utama dari semen terdapat pada Tabel 2.2 disertai dengan singkatan simbolnya (Nugraha & Antoni, 2007).

Tabel 2.2 Senyawa Utama Semen Portland

| Nama Oksidasi Utama | Rumus Empiris | Rumus Oksida | Notasi Pendek | Kadar rata-rata (%) |
|----------------------------|--|---|-------------------|---------------------|
| Trikalsium Silikat | Ca ₃ SiO ₅ | 3CaO.SiO ₂ | C ₃ S | 50 |
| Dikalsium Silikat | Ca ₂ SiO ₄ | 2CaO.SiO ₂ | C ₂ S | 25 |
| Trikalsium Aluminat | Ca ₃ Al ₂ O ₆ | 3CaO.Al ₂ O ₃ | C ₃ A | 12 |
| Tetrakalsium Aluminoferrit | 2Ca ₂ AlFeO ₅ | 4CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ | C ₄ AF | 8 |

Notasi singkat ini digunakan oleh ahli kimia semen untuk menjelaskan masing-masing oksida dengan satu huruf, yaitu CaO = C; SiO₂ = S; Al₂O₃ = A; dan Fe₂O₃ = F serta juga H₂O pada pengerasan semen dinotasikan oleh H.

Pada semen sendiri dari ketiga senyawa tersebut yang banyak berperan adalah oksida CaO (Kalsium Oksida). Secara kimia, CaO adalah nama lain dari kapur kalsium. Dalam proses hidrasi dan pengerasan semen, kapur dan silica akan menjadi penyumbang kekuatan yang terbesar. Sedangkan alumina dan oksida besi akan lebih berfungsi untuk mengatur kecepatan proses hidrasi. Namun dalam

proses produksi semen, terutama dalam proses pembakarannya, alumina dan oksida besi seringkali lebih ditentukan oleh kebutuhan untuk menghindari kesulitan produksi klinker pada suhu tinggi, dan bukan oleh kebutuhan komposisi kimianya.

Sebagai bahan komersial, kapur dapat dilengkapi dalam bentuk kapur CaO atau kapur Ca(OH)₂. Umumnya kapur terhidrasi dengan kelebihan air dan dalam bentuk pasta basah atau dempul. Kapur bereaksi cepat dengan air disertai dengan evolusi yang cukup panas :



Berdasarkan SNI 15-2049-2004, persyaratan kimia semen portland harus memenuhi syarat mutu semen portland yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.3 Syarat Kimia Semen Portland

| No | Uraian | Jenis Semen Portland (%) | | | | |
|----|---|--------------------------|------|-----|-----|-----|
| | | I | II | III | IV | V |
| 1 | SiO ₂ , minimum | - | 20,0 | - | - | - |
| 2 | Al ₂ O ₃ , maksimum | - | 6,0 | - | - | - |
| 3 | Fe ₂ O ₃ , maksimum | - | 6,0 | - | 6,5 | - |
| 4 | MgO, maksimum SO ₃ , maksimum | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 5 | Jika C ₃ A ≤ 8 | 3,0 | 3,0 | 3,5 | 2,3 | 2,3 |
| | Jika C ₃ A > 8 | 3,5 | | 4,5 | | |
| 6 | Hilang pijar, maksimum | 5,0 | 3,0 | 3,0 | 2,5 | 3,0 |
| 7 | Bagian tak larut, maksimum | 3,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 8 | C ₃ S, maksimum | - | - | - | 35 | - |
| 9 | C ₂ S, minimum | - | - | - | 40 | - |
| 10 | C ₃ A, maksimum | - | 8,0 | 15 | 7 | 5 |
| 11 | C ₄ AF + 2 C ₃ A atau C ₄ AF + C ₂ F, maksimum | - | - | - | - | 25 |

Sumber : SNI 15-2049-2004

c. Sifat-sifat Kimia Semen

Senyawa-senyawa kimia dari semen portland tidak stabil secara termodinamis sehingga cenderung bereaksi dengan air, membentuk produk hidrasi yang stabil. Mengingat sifat hidrasi dan kecepatan bereaksi dengan air dari setiap

komponen berbeda-beda maka sifat hidrasi dari masing-masing komponen itu perlu dipelajari (Nugraha & Antoni, 2007).

Berikut ini sifat-sifat kimia semen:

1) C_3S dan C_2S

C_3S dan C_2S merupakan senyawa yang paling dominan dalam semen dan memberikan sifat semen. Senyawa C_3S jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14. Sedangkan senyawa C_2S bereaksi dengan air lebih lambat dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan (Mulyono, 2004).

2) C_3A

Senyawa C_3A bereaksi secara *exothermic* dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama (Mulyono, 2004).

3) C_4AF

C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil (Mulyono, 2004).

d. Sifat Fisika Semen

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, berat jenis, dan panas hidrasi.

1) Kehalusan Butir

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut (Mulyono, 2004).

2) Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua. Waktu ikat awal yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan. Waktu ikat akhir yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras (Mulyono, 2004).

3) Berat Jenis

Berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3.05 Mg/m^3 sampai 3.25 Mg/m^3 . Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran (Mulyono, 2004).

4) Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen (Mulyono, 2004).

Tabel 2.4 Syarat Fisika Semen Portland

| No | Uraian | Jenis Semen Portland | | | | |
|----|---|----------------------|------|------|------|------|
| | | I | II | III | IV | V |
| 1 | Kehalusan : Uji Permeabilitas Udara m ² /kg Dengan alat : Turbidimeter, min Blaine, min | | | | | |
| | | | | | | |
| | | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| | | 280 | 280 | 280 | 280 | 280 |
| 2 | Kekekalan : Pemuaian dengan <i>autoclave</i> , maks % | | | | | |
| | | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| 3 | Kuat Tekan : Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum | | | | | |
| | | - | - | 120 | - | - |
| | | 125 | 100 | 240 | - | 80 |
| | | | 70 | | | |
| | | 200 | 175 | - | 70 | 150 |
| | | | 120 | | | |
| 4 | Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat : Gillmore - Awal, menit, minimal - Akhir, menit, maksimum Vicat - Awal, menit, minimal - Akhir, menit, maksimum | | | | | |
| | | | | | | |
| | | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| | | | | | | |
| | | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| | 375 | 375 | 375 | 375 | 375 | |

Sumber : SNI 15-2049-2004

Setiap produk semen antara satu dan lainnya memiliki perbedaan kualitas semen (Nugraha & Antoni, 2007).

Adapun perbedaannya sebagai berikut :

- (a) Kehalusan butir-butir semen.
- (b) Komposisi kimia (detail).
- (c) Perkembangan kekuatan.
- (d) Jumlah gypsum yang ditambahkan.

Semen portland yang digunakan pada konstruksi sipil harus memenuhi syarat mutu yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, yaitu SNI 15-2049-

2004 tentang Semen Portland. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen portland diklasifikasikan dalam 5 jenis, yaitu sebagai berikut :

- 1) Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- 5) Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.1.2.2 Agregat

Dalam SNI 03-2847-2002, agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik.

Komposisi agregat dalam campuran beton sekitar 60%-75% dari isi total beton, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan (*durability*, daya tahan terhadap kemunduran mutu akibat siklus dari pembekuan-pencairan). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat

berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran lebih kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (Wang & Salmon, 1994).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock & Brook, 1999).

Agregat berdasarkan ukuran butirannya dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Agregat Halus

Menurut (Murdock & Brook, 1999) Pasir atau agregat halus adalah agregat yang dapat melewati saringan uji (butir $\leq 5\text{mm}$). Sedangkan menurut SNI 03-1970-2008 agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No. 4).

Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai ataupun dari galian tambang (*quarry*). Agregat yang berasal dari tanah galian, yaitu tanah dibuka lapisan penutupnya (*pre-stripping*), biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Didaerah tertentu, pasir dapat mengandung mineral-mineral berat. Pasir kasar alami biasanya dapat memenuhi syarat gradasi zona I dari *British Standard (B.S)*, tetapi mineral halus yang berukuran lebih kecil dari 0,3 mm tidak cukup banyak. Pasir yang masuk zona II dan III dapat juga ditemukan dalam pasir alami,

tetapi biasanya banyak mengandung silt dan tanah liat. Agregat halus (pasir alam) yang berasal dari sumber ini biasanya berbutir halus dan berbentuk bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antara butirannya agak kurang. Agregat seperti ini cocok dipakai untuk campuran plesteran karena butir-butirnya halus (Mulyono, 2004).

Tabel 2.5 Syarat Mutu Agregat Halus Menurut SNI 03-2874-2002

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Persentase Lolos Kumulatif |
|---------------------------|----------------------------|
| 10 | 100 |
| 4.8 | 90-100 |
| 2.4 | 85-100 |
| 1.2 | 75-100 |
| 0.6 | 60-79 |
| 0.3 | 12-40 |
| 0.15 | 0-10 |

Sumber : SNI 03-2874-2002

Syarat Agregat halus menurut ASTM C.33 yang dikutip oleh Mulyono (2004) yaitu:

- a. Modulus halus butir 2,3 sampai 3,1.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau no. 200) dalam persen berat maksimum,
 - (1) Untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3,0%.
 - (2) Untuk beton jenis lainnya sebesar 5%.
- c. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum 3,0%.
- d. Kandungan arang dan lignit
 - (1) Bila tampak permukaan beton dipandang penting (beton akan diekspos), maksimum 0,5%.
 - (2) Beton jenis lainnya, maksimum 1,0%.

- e. Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO_4) 3%, tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari pada warna standar. Jika warnanya lebih tua maka ditolak kecuali:
 - (1) Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenisnya.
 - (2) Ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standar silika hasilnya menunjukkan nilai lebih besar dari 90%. Uji kuat tekan sesuai dengan cara ASTM C.87.
- f. Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika diapakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%.
- g. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat maksimum 15%.

2. Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1,5 inci).

Tabel 2.6 Syarat Mutu Agregat Kasar Menurut SNI 03-1750-1990

| Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimal | | | |
|---|--------|--------|---------|
| Lubang Ayakan (mm) | 40 mm | 20 mm | 12,5 mm |
| 30,1 | 95-100 | 100 | - |
| 19 | 35-70 | 95-100 | 100 |
| 9,52 | 10-40 | 30-60 | 50-85 |
| 4,76 | 0-5 | 0-10 | 0-10 |

Sumber : SNI 03-1750-1990

Syarat agregat kasar menurut SII.0052 yang dikutip oleh Mulyono (2004)

yaitu:

- a. Modulus halus butir 6,0 sampai 7,1.
- b. Kadar lumpur maksimum 1%.
- c. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- d. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, dan jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur 18%.
- e. Tidak bersifat reaktif terhadap alkali jika kadar alkali dalam semen sebagai Na_2O lebih besar dari 0,6%.
- f. Tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%.
- g. Kekerasan agregat harus memenuhi syarat sesuai dengan SII.0052-80.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca. Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Akan tetapi jenis agregat dengan permukaan kasar lebih disukai karena akan menghasilkan ikatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat (Mulyono, 2004).

2.1.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Nugraha & Antoni, 2007).

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 syarat-syarat air yang digunakan sebagai campuran beton yaitu:

- 1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- 2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- 3) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - (a) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran

beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

- (b) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.1.3 Kalsium Karbida

Kalsium karbida (CaC_2) atau yang biasa disebut karbit merupakan bahan kimia yang berbentuk butiran padat berwarna abu-abu. Bila direaksikan dengan air, karbit akan menghasilkan gas asetelin. Pemanfaatan gas asetelin yang dihasilkan karbit dapat digunakan untuk proses pengelasan dan pemotongan logam di industri perkapalan, konstruksi dan Industri lainnya.

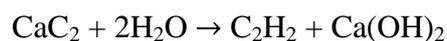
Karbit juga merupakan bahan *desulfurizer* paling kuat sehingga industri metalurgi bisa menghasilkan logam bermutu tinggi secara efisien. Pada sektor pertanian, karbit digunakan sebagai pematang buah-buahan terutama mangga, pisang dan pepaya. Dengan karbit, pematangan buah-buahan bisa berlangsung secara terencana dan serempak (PT EMDEKI UTAMA).

2.1.3.1 Limbah Karbit

Limbah karbit adalah sisa reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asetelin, digolongkan dalam jenis kapur padam. Karbit yang diperdagangkan bukan senyawa murni tetapi merupakan campuran yang terdiri dari CaC_2 kelebihan CaO dan sedikit zat pengotor. Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas asetelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan dengan berat jenis sebesar 2,22 gr/ml. Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung

gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah mulai mengering, berubah menjadi gumpalan-gumpalan yang rapuh dan mudah di hancurkan serta dapat menjadi serbuk (Ali, Karimah, & Meiyanto, 2014).

Rumus reaksi senyawa kimia antara air dan kalsium karbida



Tabel 2.7 Hasil Uji Limbah Karbit

| No. | Komposisi Kimia | Kandungan (%) |
|-----|--------------------------------|---------------|
| 1 | SiO ₂ | 0,87 |
| 2 | SO ₃ | 0,39 |
| 3 | Al ₂ O ₃ | 0,71 |
| 4 | CaO | 98,03 |

Sumber : Laboratorium Penelitian *Fire, Material & Safety Engineering* Universitas Negeri Jakarta

Menurut Yus Yudyiantoro (1998:33) limbah karbit memiliki sifat-sifat fisis menyerupai kalsium hidroksida dalam hal :

- (1) Senyawa kimia terbesar adalah Ca.
- (2) Daya ikat terhadap air cukup tinggi.
- (3) Sifat non plastis karena merupakan bahan berbutir.

2.1.4 Pengujian Pada Beton

2.1.4.1 *Slump Test*

Slump Test adalah pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Karenanya kelecakan beton segar sering diidentikkan dengan *slump* nya. Berkurangnya kelecakan akibat cuaca panas, misalnya disebut sebagai *slump loss* (Nugraha & Antoni, 2007).

Slump merupakan besarnya nilai keutuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton memiliki batas tegangan yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Nilai dapat menggambarkan tingkat kelecakan dari beton tersebut.

Slump test berfungsi menentukan kekakuan / konsistensi beton segar (*fresh concrete*) sehingga dapat ditentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan beton dalam suatu campuran ditunjukkan dengan penggunaan air atau biasa disebut faktor air semen (fas) yang digunakan. *Workability* tersebut dapat menilai campuran beton segar (*fresh concrete*) bermutu atau tidak. Jika campuran beton terlalu cair akan membuat mutu beton tersebut rendah, dan butuh waktu lama pengeringannya, sedangkan beton dengan kadar air kurang akan membuat campuran tidak merata bahkan sulit untuk mencetak.

2.1.4.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu yang harus dihasilkan.

Untuk menghitung kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan, yaitu :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}$$

Keterangan : kuat tekan beton dengan benda uji silinder (Mpa atau N/mm²)

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm²)

2.2 Penelitian Relevan

Terdapat beberapa penelitian yang relevan untuk dijadikan referensi pada penelitian ini, diantaranya :

1. Penelitian yang dilakukan Nur Ali dkk (2014) dengan judul **“Pengaruh Bottom Ash Sebagai Pengganti Pasir Dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah Semen Terhadap Berat Jenis, Kuat Tekan, Dan Absorpsi Batako”**. Penelitian ini menggunakan variasi limbah karbit 10%, 20%, dan 30% sebagai bahan tambah semen dengan mengganti pasir dengan *bottom ash*. Hasil penelitian didapatkan kuat tekan terbaik pada variasi limbah karbit 30% dengan kekuatan 69,10 Mpa.
2. Penelitian yang dilakukan Doni Kusuma (2011) dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Las Karbit Sebagai Campuran Pembuatan Paving Block”**. Penelitian ini menggunakan variasi substitusi limbah karbit 37%, 40%, 43%, 45%, dan 47%. Hasil penelitian didapatkan kuat tekan terbaik pada variasi limbah karbit 47%.
3. Penelitian yang dilakukan Muhammad Teguh Syahputra (2010) dengan judul **“Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton”**. Penelitian ini menggunakan variasi 10% dari berat semen dengan perbandingan LK dan ASP 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, dan 3:1. Hasil penelitian didapatkan kuat tekan terbaik pada perbandingan LK dan ASP 1:1 dengan kekuatan 40,48 Mpa.

2.3 Kerangka Berpikir

Meningkatnya pembangunan infrastruktur di Indonesia yang berupa gedung, jembatan, jalan raya, drainase dan sebagainya, akan berdampak pada peningkatan

kebutuhan akan bahan-bahan bangunan. Salah satu komponen utama pada pembangunan infrastruktur tersebut yang banyak digunakan untuk bagian-bagian konstruksi adalah beton. Bahan penyusun beton meliputi agregat kasar, agregat halus, semen portland dan air.

Peningkatan penggunaan beton menyebabkan tingginya kebutuhan akan konsumsi semen. Hal itu di buktikan dengan meningkatnya penjualan semen dan meningkatnya kapasitas produksi semen di Indonesia setiap tahunnya. Seiring dengan proses produksi semen, dihasilkan pula emisi gas karbon dioksida dalam jumlah yang banyak sehingga sangat mempengaruhi kondisi atmosfer dan mempercepat terjadinya pemanasan global yang menyebabkan terjadinya perubahan iklim.

Produksi semen juga menimbulkan dampak tersebarnya abu semen ke udara bebas yang sangat berbahaya bagi kesehatan, karena dapat mengakibatkan penyakit infeksi saluran pernafasan. Selain dapat mengganggu kesehatan, produksi semen bisa menjadi ancaman ekologis yang serius. Dilihat dari bahan bakunya, semen merupakan jenis batu-batuan yang tergolong sumber daya alam yang tidak terbarukan. Maka eksplorasi yang terus menerus dan berlebihan, pasti akan mengganggu keseimbangan lingkungan.

Berdasarkan dampak-dampak yang ditimbulkan produksi semen, maka perlu dilakukan pengurangan pemakaian semen dengan cara mensubtitusikan komposisi semen dengan material yang bersifat sementasi. Salah satunya dengan cara memanfaatkan limbah khususnya limbah karbit.

Limbah yang dihasilkan oleh bengkel las karbit sekitar 2-3 kg/hari dan apabila satu tahun saja, satu bengkel las karbit bisa menghasilkan limbah kurang

lebih 1 ton. Oleh karena itu perlu dilakukan pemanfaatan, salah satunya dengan menggunakan limbah karbit sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk pembuatan beton.

Sifat limbah karbit dan semen mempunyai beberapa persamaan, salah satunya mengandung beberapa senyawa yaitu, Silika Oksida (SiO_2), Sulfur Trioksida (SO_3), Kalsium Oksida (CaO), Alumina (Al_2O_3) dan sebagainya. Limbah karbit dengan semen sama-sama lolos saringan no. 200 sehingga dalam mengisi rongga yang ada pada beton akan mempunyai kepadatan yang sama.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Doni Kusuma mendapatkan hasil terbaik pada variasi limbah karbit 47%. Berdasarkan hasil penelitian Doni Kusuma, maka disimpulkan bahwa kekuatan tekan semakin meningkat pada variasi tertinggi. Maka timbul keingintahuan penulis untuk meneliti limbah karbit sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 20%, 30% dan 40% dari berat semen yang digunakan.

2.4 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berfikir diatas, maka dapat dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

Diduga beton yang menggunakan limbah karbit sebagai pengganti sebagian semen pada beton dengan komposisi limbah karbit 0% sebagai kontrol, 20%, 30%, dan 40% terhadap berat semen dapat memenuhi kuat tekan yang direncanakan dan masih memenuhi ketentuan SNI 03-1974-1990 tentang metode pengujian kuat tekan beton.