

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 201, 1994, *Guide to Durable Concrete (ACI Manual of Concrete Practise) Part I*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- ACI Committee 211, 1993, *“Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)”*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- Alizar, *“ Teknologi Bahan Konstruksi”*, Penerbit Pusat Pengembangan UMB, Universitas Mercu Buana, 2009.
- Astanto Budi, Triono, *“Konstruksi Beton Bertulang”*, Penerbit KANISIUS, Surabaya, 2005.
- Departemen PU, 1989, *“Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F)”*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen PU, 1971, *“Peraturan Beton Bertulang Indonesia”*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Habudin, dan Mayavani, C. 2006, *“Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton K-300”*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- ITS Press Surabaya. 2007. *“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)”*, Surabaya.
- Mindess.S dan Young. J. Francis, 1981, *“ Concrete”*, Prentice-Hall,.
- Murdock L.J, Brook K.M, 1986, *“Bahan dan Praktek Beton”*, Erlangga,.
- Nadhiroh Masruri, *“Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”* SNI 03-2834-2000, Puslitbang Teknologi Permukiman.
- Puja, A dan Rachmat, P. 2010, *“Pengendalian Mutu Beton sesuai SNI, ACI dan ASTM”*, ITS Press Surabaya.
- Mulyono Tri, *“ Teknologi Beton”*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2004.
- Setiawan, Budi, *“Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage”*. Departemen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya. Surabaya, 2006.

Yuliana Andriyani dan Nursyamsi, *“Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako”*, Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan, 2011.





Oven
Untuk Mengeringkan Agregat



Timbangan dan Pemberat
Untuk Menimbang Agregat



Botol Piknometer
Untuk Analisa Spesifikasi Agregat Halus



Ayakan Agregat Kasar



Ayakan Agregat Halus



Timbangan Elektrik



Dunagan Test
Menimbang Berat Jenis Agregat Kasar

Los Angeles Machine
Untuk Analisa Keausan Agregat Kasar



Concrete Mixer (Molen)
Untuk Pengadukan Bahan Campuran Beton

Kerucut Abraham
Untuk Pengujian Slump



Cetakan Kubus 15x 15 x 15 cm

Compressor Machine

Sekop

Besi Rojokan



Ayakan 0,75 mm
untuk Kaca Sebagai Campuran Beton

Vicositas Aparatus



Tabung Bejana

Mesin Penggetar Saringan
(Shieve Shaker)



Semen Tipe I (50 Kg)

Pasir



Batu Pecah

Serbuk Kaca Lolos ayakan 0,75 mm



Pengayakan Agregat Halus Kaca dengan lolos Ayakan 0,75

Proses Penumbukan Kaca



Penimbangan Berat Kaca

Aparatus Pemeriksaan Kadar Zat Organik Pasir

Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir

Pemeriksaan Kadar Air Pasir



Pengujian Berat isi cara longgar

Pengujian Berat isi dengan dirojok



Pengujian Kadar air Batu Pecah

Berat Isi Batu Pecah dengan cara Longgar



Berat Isi Batu Pecah dengan Cara Padat

Pengujian Berat Jenis Batu Pecah



Pengujian Keausan Batu Pecah

Pengayakan Batu Pecah



Persiapan Cetakan Kubus

Persiapan Bahan-bahan Campuran



Pencampuran Bahan dan Pengadukan

Penuangan Beton Segar Kedalam Wadah



Pengujian Slump

Pencetakan Beton dan diratakan dengan Vibrator



Beton Segar telah dimasukkan kedalam cetakan

Perendaman Benda uji



Penimbangan Benda Uji

Pengujian Kuat Tekan

ABSTRAK

Beton sangat populer banyak dipakai baik untuk struktur-struktur besar maupun kecil. Untuk itu bahankonstruksi ini dianggap sangat penting untuk terus dikembangkan. Salah satu cara untuk mendapatkan material bangunan yang dimaksud di atas adalah dengan cara membuat campuran beton yang ringan, misalnya dengan mencampur limbah kaca. Salah satu bahan campuran alternatif pembuatan beton yang dapat digunakan untuk menggantikan pasir adalah serbuk kaca. Penelitian ini menggunakan serbuk kaca sebagai bahan tambah dengan menggantikan sebagian dari berat pasir. Kacamemiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya. Penelitian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan tumbukan limbah kaca sebesar 8% terhadap kuat tekan beton. Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan tumbukan limbah kaca sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran terhadap kuat tekan beton. Mutu beton yang direncanakan adalah K250 dengan umur benda uji 28 hari, dengan jumlah masing-masing 20 sampel. Analisis data dengan menggunakan ketentuan SNI 03-2834-2000. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kaca sebesar 8% dengan benda uji kubus, diperoleh kuat tekan rata-ratanya meningkat menjadi $273,33 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan beton normal (tanpa tumbukan kaca) 0% dengan karakteristik yang sama nilai kuat tekan rata-ratanya sebesar $260,001 \text{ kg/cm}^2$. Naiknya nilai kuat tekan beton dengan campuran tumbukan kaca, dikarenakan kandungan silika (SiO_2) yang terdapat di dalam kaca tersebut berfungsi mengisi pori-pori yang kosong di dalam benda uji.

Kata kunci: beton, serbuk kaca, kuat tekan

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Maksud dan Tujuan | 2 |
| 1.3. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.4. Metodologi Penelitian | 3 |
| 1.5. Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1. Penggunaan Kaca dalam Bidang Konstruksi | 6 |
| 2.2. Pengaruh Sifat Reaktif Silika pada Kaca | 8 |
| 2.3. Beton | 8 |
| 2.4. Bahan Penyusun Beton | 14 |
| 2.4.1. Semen | 16 |
| 2.4.2. Agregat | 19 |
| 2.4.3. Air | 34 |
| 2.5. Rencana Komposisi Bahan | 34 |

| | | |
|----------------|--|----|
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | 44 |
| | 3.1. Umum | 44 |
| | 3.2. Pengujian Bahan | 45 |
| | 3.3. Agregat Halus | 45 |
| | 3.4. Agregat Kasar | 48 |
| | 3.5. Pemeriksaan Ayakan Agregat Halus Tumbukan Kaca | 51 |
| | 3.6. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design) | 51 |
| | 3.7. Pengujian Kuat Tekan Beton | 57 |
| BAB IV | HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 58 |
| | 4.1. Perencanaan Campuran Beton K 250 | 58 |
| | 4.2. Nilai Slump | 58 |
| | 4.3. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Kubus | 60 |
| | 4.4. Hubungan Antara Porositas Terhadap Kuat Tekan Beton | 62 |
| BAB VI | KESIMPULAN DAN SARAN | 66 |
| | 5.1. Kesimpulan | 66 |
| | 5.2. Saran | 67 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 68 |
| | DAFTAR LAMPIRAN | 70 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1. Kandungan Kaca..... | 7 |
| Tabel 2.2. Kelas dan Mutu Beton | 9 |
| Tabel 2.3. Susunan Unsur Semen Biasa | 19 |
| Tabel 2.4. Batasan Gradasi Agregat Halus | 22 |
| Tabel 2.5. Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah I (Pasir Kuarsa) | 24 |
| Tabel 2.6. Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah II (Pasir Kuarsa)..... | 25 |
| Tabel 2.7. Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah III (Pasir Kuarsa) | 26 |
| Tabel 2.8. Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah IV (Pasir Kuarsa) | 26 |
| Tabel 2.9. Susunan Butiran Agregat Kasar..... | 28 |
| Tabel 2.10. Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar | 30 |
| Tabel 2.11. Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton | 31 |
| Tabel 2.12. Faktor Modifikasi untuk deviasi standar jika jumlah pengujian kurang dari 30 contoh | 36 |
| Tabel 2.13. Perkiraan kekuatan tekan beton dengan faktor air semen 0,5 | 38 |
| Tabel 2.14. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai lingkungan..... | 39 |
| Tabel 2.15. Penetapan Nilai Slump..... | 40 |
| Tabel 2.16. Perkiraan Kadar Air Bebas..... | 40 |
| Tabel 3.1. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus | 45 |
| Tabel 3.2. Pemeriksaan ayakan agregat halus | 46 |
| Tabel 3.3. Kalibrasi bahan, peralatan dan lokasi | 47 |
| Tabel 3.4. Hasil pemeriksaan berat isi agregat halus | 47 |

| | |
|---|----|
| Tabel 3.5. Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus | 47 |
| Tabel 3.6. Hasil pemeriksaan agregat halus..... | 48 |
| Tabel 3.7. Hasil pemerisaan kadar lumpur agregat kasar | 48 |
| Tabel 3.8. Hasil ayakan agregat kasar | 49 |
| Tabel 3.9. Kalibrasi bahan, peralatan dan lokasi | 50 |
| Tabel 3.10. Hasil pemeriksaan berat isi agregat kasar..... | 50 |
| Tabel 3.11. Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat kasar | 50 |
| Tabel 3.12. Hasil pemeriksaan agregat kasar batu pecah | 51 |
| Tabel 3.13. Mutu pelaksanaan deviasi standar | 52 |
| Tabel 4.1. Mix Design K 250 | 58 |
| Tabel 4.2. Data hasil pengujian slump test beton normal..... | 57 |
| Tabel 4.3. Data hasil pengujian slump test beton campuran tumbukan kaca | 57 |
| Tabel 4.4. Data hasil uji tekan beton normal | 60 |
| Tabel 4.5. Data hasil uji tekan beton campuran tumbukan kaca | 61 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. Semen Portland | 18 |
| Gambar 2.2. Agregat Halus Pasir..... | 20 |
| Gambar 2.3. Kurva Batas Daerah Gradasi Pasir Terbaik | 22 |
| Gambar 2.4. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Kasar) Daerah 1..... | 24 |
| Gambar 2.5. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Sedang) Daerah II..... | 25 |
| Gambar 2.6. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Agak Halus) Daerah III | 25 |
| Gambar 2.7. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Halus) Daerah IV..... | 26 |
| Gambar 2.8. Agregat Kasar Batu Pecah | 29 |
| Gambar 2.9. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 40 mm.... | 30 |
| Gambar 2.10. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 20 mm.... | 30 |
| Gambar 2.11. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 12,5 mm. | 31 |
| Gambar 2.12. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 10 mm..... | 32 |
| Gambar 2.13. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 20 mm..... | 33 |
| Gambar 2.14. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 30 mm..... | 33 |
| Gambar 2.15. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 40 mm..... | 34 |
| Gambar 2.16. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm) | 38 |
| Gambar 2.17. Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm | 41 |
| Gambar 2.18. Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm | 42 |
| Gambar 2.19. Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk | |

| | |
|---|----|
| Ukuran Butir Maksimum 40 mm | 42 |
| Gambar 2.20. Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh..... | 43 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir | 44 |
| Gambar 3.2. Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen dengan Benda Uji Kubus | 53 |
| Gambar 3.3. Grafik prosentase agregat halus terhadap agregat gabung untuk ukuran butir maksimum 20 mm dan <i>slump</i> 60 – 180 mm..... | 54 |
| Gambar 3.4. Perkiraan Berat Jenis Beton | 55 |
| Gambar 4.1. Perbandingan nilai <i>slump</i> pada campuran beton..... | 59 |
| Gambar 4.2. Perbandingan hasil kuat tekan beton rata-rata..... | 62 |
| Gambar 4.3. Porositas Sampel Beton Campuran Kaca..... | 64 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton (*concrete*) adalah material untuk konstruksi yang paling sering digunakan di seluruh dunia selain baja (*steel*). Beton banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam proyek pembangunan infrastruktur seperti jalan, gedung, bendungan, gudang, jembatan, dan sebagainya. Beton diperoleh dari pencampuran semen, agregat halus (*fine aggregate*), agregat kasar (*coarse aggregate*) dan air. Dengan menambahkan bahan perekat (semen) dengan takaran tertentu, dan air sebagai bahan pembantu untuk keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton (*concrete curing*). Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari sekian banyak faktor, beberapa diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, temperatur, pelaksanaan akhir (*finishing*), dan perawatan (*curing*) beton.

Pada penggunaan sebagai komponen penyusun struktur bangunan, pada umumnya beton diperkuat dengan tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama (berkomposit) dan mampu mengatasi kelemahannya, terutama pada bagian yang memikul gaya tarik. Nilai kuat tekan beton relatif sangat tinggi apabila dibandingkan dengan nilai kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas.

Kemajuan dan perkembangan teknologi dalam bidang industri konstruksi semakin pesat memacu peningkatan pembangunan di segala sektor kehidupan. Kebutuhan fasilitas perumahan, perhubungan dan industri juga berdampak pada

peningkatan kebutuhan bahan-bahan pendukungnya, salah satu produk yang meningkat tajam adalah beton.

Kelebihan beton yang lain adalah, ekonomis (dalam pembuatannya menggunakan bahan dasar yang mudah diperoleh), dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mampu menerima kuat tekan dengan baik, beton tahan api, tidak busuk atau berkarat, tahan aus, rapat air, awet dan mudah perawatannya. Beton sangat populer banyak dipakai baik untuk struktur-struktur besar maupun kecil. Untuk itu bahan konstruksi ini dianggap sangat penting untuk terus dikembangkan. Salah satu cara untuk mendapatkan material bangunan yang dimaksud diatas adalah dengan cara membuat campuran beton yang ringan, misalnya dengan mencampur limbah kaca.

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah yang ada diantaranya adalah limbah kaca.

Penelitian ini mencoba mengaplikasikan konsep penggunaan limbah kaca dalam campuran beton dan juga pengaruhnya terhadap kuat tekan beton. Pemilihan limbah kaca sebagai bahan campuran beton dikarenakan bahan ini mudah didapat dipasaran, awet, tidak mudah busuk serta mempunyai nilai ekonomis.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk menambah tumbukan kaca sebagai pengganti agregat halus. Dan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar

pengaruh penambahan tumbukan limbah tumbukan kaca terhadap kekuatan tekan beton sebanyak 8%.

.1.3 Rumusan Masalah

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah yang ada diantaranya adalah limbah kaca. Permasalahan utama yang akan diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan tumbukan limbah kaca sebagai bahan substitusi agregat halus pada campuran terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini dibatasi pada pembuatan benda uji kubus campuran beton menggunakan campuran semen, pasir, kerikil, dan ditambah dengan tumbukan kaca dengan konsentrasi 8% dari campuran, dan bahan bahan yang digunakan harus diperiksa dan hasil pemeriksaan tersebut harus memenuhi standar SK SNI 03-2847-2002.

1.4 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis dilaksanakan di laboratorium Universitas Sumatera Utara (USU). Adapun tahap – tahap pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

1. Pemeriksaan bahan penyusun beton.
 - a. Agregat Halus
 - b. Agregat Kasar
 - c. Agregat Halus Tumbukan Kaca

2. Mix Design (Perencanaan Campuran)
3. Penyediaan bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil, dan serbuk kaca)
4. Pembuatan benda uji kubus. Adapun sampel yang digunakan adalah :
 - a. Benda uji beton normal sebanyak 20 benda uji.
 - b. Benda uji beton ringan dengan penambahan serbuk kaca 8% sebagai substitusi pasir sebanyak 20 benda uji.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun metode dan sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Menjelaskan kerangka pemikiran yang melandasi seluruh penulisan skripsi ini.

Pada Bab 1 berisikan Latar Belakang Penulisan, Tujuan Penulisan, Permasalahan, Ruang Lingkup Penelitian, Metode Penulisan, dan Manfaat Penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan sifat dan karakteristik material yang digunakan dalam menganalisis kuat tekan beton yang disubstitusikan dengan semen, agregat halus, agregat kasar, dan penambahan cairan waterproof dan langkah perencanaan campuran.

Bab III Metode Penelitian

Menjelaskan prosedur penelitian, Langkah Perencanaan beton, Jumlah sampel, Analisis kuat tekan beton, dan Hipotesa.

Bab IV Analisa Data Hasil Pengujian

Menjelaskan penelitian hubungan campuran beton dengan tumbukan kaca dan beton normal serta membandingkan kuat tekannya di laboraorium.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dihasilkan nantinya akan bersifat khusus yang hanya pada satu kasus tertentu saja, yaitu hubungan pencampuran tumbukan kaca terhadap kuat tekan beton. dan dapat pula yang bersifat umum yang berlaku untuk keseluruhan dari isian skripsi ini, dan selain itu juga pada bab ini akan disajikan saran-saran dari penulis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Kaca Dalam Bidang Konstruksi

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida an-organik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya.

Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan dibawah ini :



Karakteristik dari serbuk kaca dalam pembuatan beton adalah:

1. Kaca merupakan bahan yang tidak menyerap air atau *zero water absorption*.
2. Sifat kaca yang tidak menyerap air dapat mengisi rongga-rongga pada beton secara maksimal sehingga beton bersifat kedap air.

3. Kaca dalam hal ini adalah serbuk kaca mempunyai sifat sebagai *pozzoland* yang dapat meningkatkan kuat tekan dari beton.
4. Kaca tidak mengandung bahan yang berbahaya, sehingga pada saat pengerjaan beton aman bagi manusia.
5. Serbuk kaca juga dapat digunakan sebagai bahan pengisi pori atau *filler*, sehingga diharapkan akan diperoleh beton yang lebih padat dengan porositas minimum sehingga kekuatan beton dapat meningkat.

Perkembangan zaman sekarang jumlah barang bekas/limbah yang semakin lama menjadi masalah bagi kehidupan, salah satunya adalah keberadaan limbah kaca yang tidak terpakai lagi. Limbah kaca ini dapat dimanfaatkan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan sebagai agregat halus (pasir) untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Ada beberapa kandungan kaca berdasarkan jenis-jenis kaca, yaitu: *clear glass*, *amber glass*, *green glass*, *pyrex glass*, dan *fused silica*. Kandungan bahan kimia dalam berbagai jenis kaca seperti dijelaskan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Kandungan kaca

| Jenis Kaca | <i>Clear Glass</i> | <i>Amber Glass</i> | <i>Green Glass</i> | <i>Pyrex Glass</i> | <i>Fused Silica</i> |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| SiO ₂ | 73,2 – 73,5 | 71,0 – 72,4 | 71,27 | 81 | 99,87 |
| Al ₂ O ₃ | 1,7 – 1,9 | 1,7 – 1,8 | 2,22 | 2 | - |
| Na ₂ O + K ₂ O | 13,6 – 14,1 | 13,8 – 14,4 | 13,06 | 4 | - |
| CaO + MgO | 10,7 – 10,8 | 11,6 | 12,17 | - | - |
| SO ₃ | 0,2 – 0,24 | 0,12 – 0,14 | 0,052 | - | - |
| Fe ₂ O ₃ | 0,04 – 0,05 | 0,3 | 0,599 | 3,72 | - |
| Cr ₂ O ₃ | - | 0,01 | 0,43 | 12,0 – 13,0 | - |

Sumber: Setiawan, 2006

2.2 Pengaruh Sifat Reaktif Silika pada Kaca

Penggunaan agregat halus kaca yang dibuat dari jenis kaca leburan *soda lime*, mulai dikembangkan untuk membuat beton kinerja tinggi. Agregat halus kaca ini dibuat dalam bentuk bubuk dengan ukuran dan distribusi yang serupa agregat halus/pasir alam. Penggunaannya diharapkan dapat memanfaatkan limbah dari hasil samping industri untuk komponen industri konstruksi dan untuk mengatasi kekurangan pasir alam yang tersedia. Berdasarkan ASTM C289-87 dilakukan tes kimia dan tes kereaktifan agregat didapat bahwa bubuk kaca masih layak digunakan sebagai agregat walaupun memiliki sifat merugikan karena mengandung silika reaktif yang dapat bereaksi dengan alkali semen, sehingga mengakibatkan terjadinya ekspansi beton.

2.3 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang

dihasilkan. Apabila ingin memperoleh beton yang baik, maka perhitungannya harus sesuai dengan prosedur dan sesuai langkah- langkah yang telah ditetapkan. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Dalam perkembangannya, beton dapat dibuat dengan bahan tambah yang bervariasi. Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 yang menyebutkan bahwa, bahan tambahan yang digunakan harus mampu secara konsisten menghasilkan komposisi dan kinerja yang sama dengan yang dihasilkan oleh produk yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran beton.

Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton dapat dibagi 3 (tiga) seperti tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Kelas dan Mutu Beton

| Kelas Beton | Mutu Beton | σ_{bk} (kg/cm ²) | σ_{bm} (kg/cm ²) | Tujuan | Pengawasan Terhadap | |
|-------------|----------------|--|--|----------------|---------------------|----------------|
| | | | | | Mutu Agregat | Kekuatan Tekan |
| I | Bo | | | Non Struktural | Ringan | Tanpa |
| | B ₁ | | | Struktural | Sedang | Tanpa |
| | K- 125 | 125 | 200 | Struktural | Ketat | Kontinu |
| | K- 175 | 175 | 250 | Struktural | Ketat | Kontinu |
| II | K- 225 | 225 | 300 | Struktural | Ketat | Kontinu |
| III | K>225 | >225 | >300 | Struktural | Ketat | Kontinu |

Sumber : PBI 1971

Keterangan:

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural.

Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-

bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.
3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Menurut SNI 03-2847-2002 berdasarkan berat satuan beton adalah :

- a. Beton ringan : Berat satuan $\leq 1900 \text{ kg/m}^3$.
- b. Beton normal : Berat satuan $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$.
- c. Beton berat : Berat satuan $> 2500 \text{ kg/m}^3$.

Jenis –jenis konstruksi beton, antara lain:

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat

yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan. Beton ini biasanya memiliki dimensi ukuran 60 cm atau lebih. Beton ini dituang dalam volume besar dengan ukuran perbandingannya antara volume dan luas permukaannya.

5. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

7. Beton Siklop

Beton ini digunakan sebagai pembuatan bendungan, pangkal jembatan dan sebagainya. Beton ini masuk dalam kategori beton normal perbedaannya dengan beton lain ialah ukurannya yang cukup besar. Ukuran kasarnya bisa mencapai 20 cm tapi sebaiknya ukurannya tidak lebih dari 20 % ukuran keseluruhannya.

8. Beton Mortar

Beton jenis ini merupakan beton yang dibuat dengan bahan dasar perekat, pasir dan air. Campuran ketiga bahan ini memperkuat susunan partikel beton sehingga daya rekatnya lebih kuat.

9. Beton Pracetak

Jenis beton ini biasanya digunakan jika pekerjaan konstruksi yang dilakukan membutuhkan waktu yang sangat cepat. Kelebihannya adalah beton ini dapat dicetak di tempat lain lalu tinggal dipasang di tempat tujuannya. Namun kekurangannya daya rekat beton ini tidak sekuat pembuatan beton dengan cara konvensional.

10. Beton Prategang

Beton ini pada dasarnya sama dengan Ferrosemen / Beton bertulang namun perbedaannya kawat baja yang dimasukkan ke dalam campuran beton ditegangkan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar gaya tarik beton ini lebih kuat menahan beban berat.

Beton yang berasal dari pengadukan bahan – bahan susunan agregat kasar dan agregat halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton yang baik. Pada umumnya pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin, kecuali jika hanya ingin mendapatkan beton mutu rendah pengadukan dapat dilakukan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Kekentalan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan cara memeriksa *slump* pada setiap adukan beton baru.

Nilai *slump* (kekentalan adukan) digunakan sebagai penunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air-semen yang ingin dicapai. Waktu pengadukan yang lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan *slump* beton pada umumnya tidak kurang dari 1,50 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil umumnya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan campuran bahan harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan :

1. Keenceran dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah ke dalam adukan tanpa

menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat dan *bleeding* air.

2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif).
3. Memenuhi uji - kuat yang hendak dipakai.

2.4 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacamnya lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan.

Kekakuan, keawetan dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Luasnya pemakaian beton disebabkan karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah diperoleh, serta mudah diolah sehingga menjadikan beton mempunyai sifat yang dituntut sesuai dengan keadaan situasi pemakaian tertentu.

Jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar/ *fresh concrete*) yang baik dan beton (beton keras / *hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik. Beton yang baik ialah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

Faktor – faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan- keunggulannya antara lain :

1. Kemudahan pengolahannya : yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.
2. Material yang mudah didapat : Sebagian besar dari material- material pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.
3. Kekuatan tekan tinggi : Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.
5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

2.4.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu Semen non-hidrolik dan Semen hidrolik. Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain : kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozolland dan semen alumina.

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Komposisi yang sebenarnya dari berbagai senyawa yang ada berbeda-beda dari jenis semen yang satu dengan yang lain, untuk berbagai jenis semen ditambahkan berbagai jenis material mentah lainnya. Massa jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah $3,15 \text{ gr/cm}^3$, pada kenyataan massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara $3,03 \text{ gr/cm}^3$ sampai $3,25 \text{ gr/cm}^3$. Variasi ini akan berpengaruh proporsi campuran semen dalam campuran.

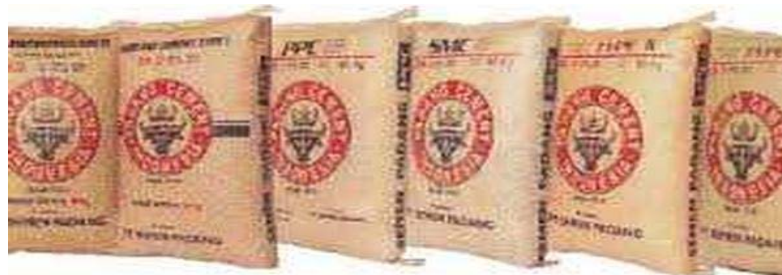
Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 5 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu :

1. Tipe I (*Normal portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II (*high - early - strength portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif

(garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

3. Tipe III (*modifid portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).
4. Tipe IV (*low heat portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.
5. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*), semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

Portland Pozzolan Cement (PPC), Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan.



Gambar 2.1 Semen Portland

Komposisi utama semen portland adalah kalsium dan aluminium silikat.

Bahan baku utama dalam pembuatan semen portland adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Susunan Unsur Semen Biasa

| Oksida | Persen |
|---|--------|
| Kapur, CaO | 60-65 |
| Silika, Si O 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 : Konsruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto

2.4.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, yaitu berkisar 60%-70% dari volume beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar sehingga karakteristik dan sifat agregat memiliki pengaruh langsung terhadap sifat-sifat beton. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan pecahan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi), dan tekstur permukaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar.



Gambar 2.2 : Agregat Halus (Pasir)
Sumber : Data Lapangan 2016

Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang

dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses.

a. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

b. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

c. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

2. Spesifikasi dari Agregat halus

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

a. Susunan Butiran (Gradasi)

Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

Pasir Kasar : $2.9 < FM < 3.2$

Pasir Sedang : $2.6 < FM < 2.9$

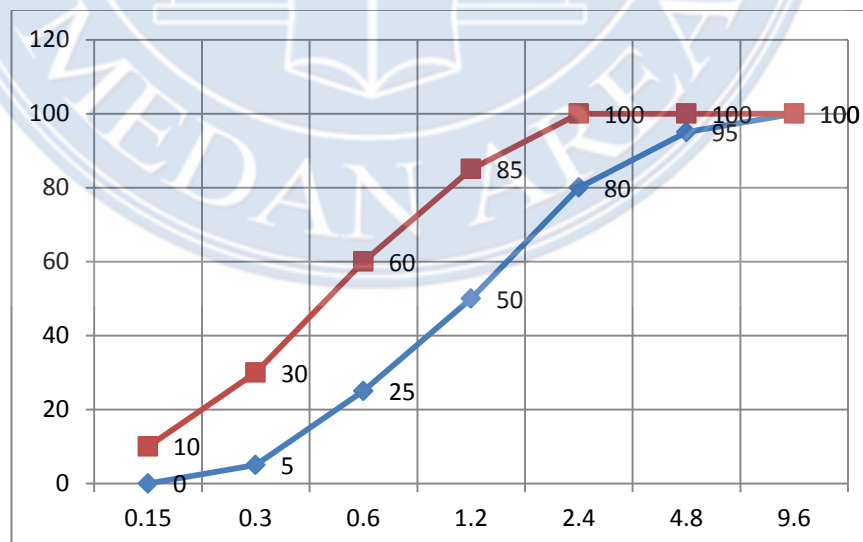
Pasir Halus : $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

| Ukuran Saringan ASTM | Persentase berat yang lolos pada tiap saringan |
|----------------------|--|
| 9.5 mm (3/8 in) | 100 |
| 4.76 mm (No. 4) | 95 – 100 |
| 2.36 mm (No.8) | 80 – 100 |
| 1.19 mm (No.16) | 50 – 85 |
| 0.595 mm (No.30) | 25 – 60 |
| 0.300 mm (No.50) | 10 – 30 |
| 0.150 mm (No.100) | 2 - 10 |

Sumber : ASTM C 33



Gambar.2.3: Kurva Batas Daerah Gradasi Pasir Terbaik

Sumber : ASTM C - 33

Setelah mengetahui gradasi butiran agregat, sebelum pencampuran agregat harus memenuhi syarat agar dapat memenuhi ketentuan dalam pencampuran.

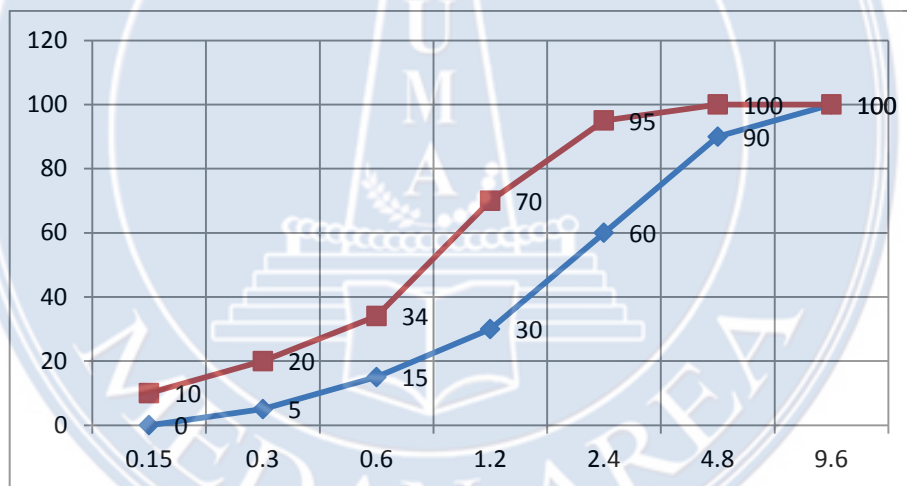
Adapun syarat-syarat agregat halus menurut ASTM adalah sebagai berikut :

1. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
2. Kadar Liat tidak boleh melebihi 1 % (terhadap berat kering).
3. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standar percobaan Abrams – Harder.
4. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinnya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
5. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - a. Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
 - b. Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15 %.
6. Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

7. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 - 3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimum 2 % dari berat.
- Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimum 10 % dari berat.
- Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimum 15 % dari berat.

SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat halus. Gradasi agregat halus dikelompokkan menjadi 4 daerah gradasi. Berikut adalah gambar daerah gradasi agregat :

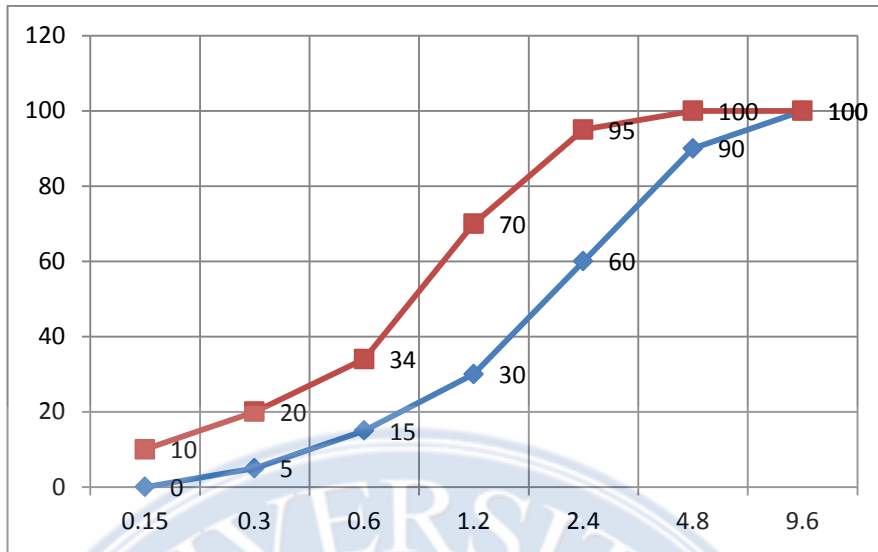


Gambar 2.4 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Kasar) Daerah 1
Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.5 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah I (Pasir Kuarsa)

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat butir yang lewat ayakan |
|---------------------------|-------------------------------|
| 0,15 | 0 – 10 |
| 0,3 | 5 – 20 |
| 0,6 | 15 – 34 |
| 1,2 | 30 – 70 |
| 2,4 | 60 – 95 |
| 4,8 | 90 – 100 |
| 10 | 100 |

Sumber : ASTM

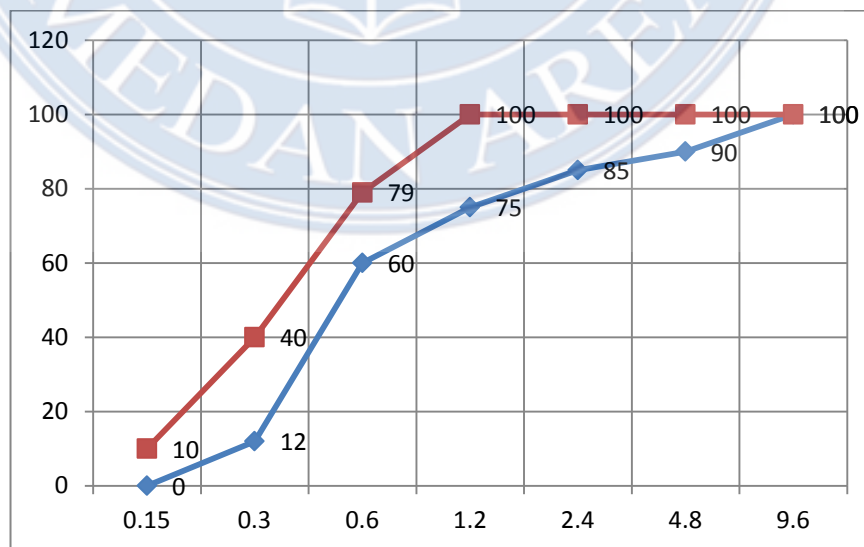


Gambar 2.5 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Sedang) Daerah II
 Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.6 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah II (Pasir Kuarsa)

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat butir yang lewat ayakan |
|---------------------------|-------------------------------|
| 0,15 | 0 - 10 |
| 0,3 | 8 - 30 |
| 0,6 | 35 - 59 |
| 1,2 | 55 - 90 |
| 2,4 | 75 - 100 |
| 4,8 | 90 - 100 |
| 10 | 100 |

Sumber : ASTM

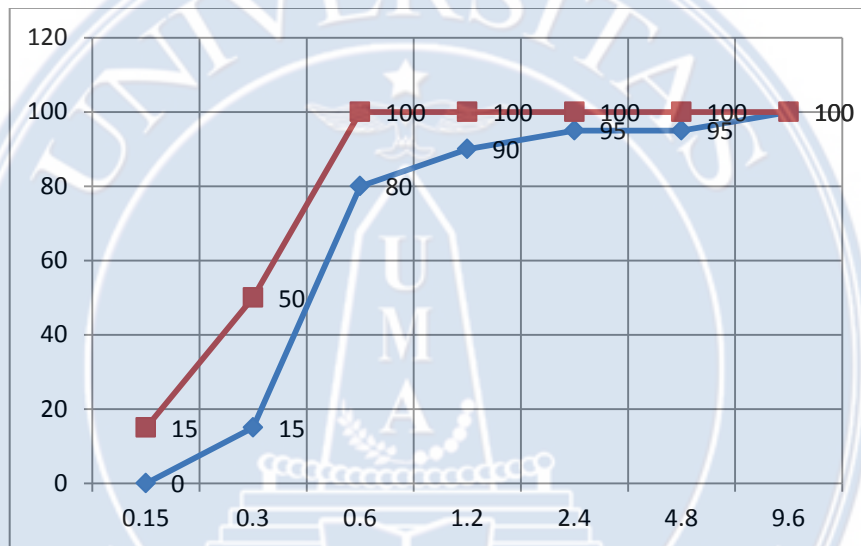


Gambar 2.6 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Agak Halus) Daerah III
 Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.7 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah III (Pasir Kuarsa)

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat butir yang lewat ayakan |
|---------------------------|-------------------------------|
| 0,15 | 0 – 10 |
| 0,3 | 12 – 40 |
| 0,6 | 60 – 79 |
| 1,2 | 75 – 100 |
| 2,4 | 85 – 100 |
| 4,8 | 90 – 100 |
| 10 | 100 |

Sumber : ASTM



Gambar 2.7 : Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Halus) Daerah IV
Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.8 Batasan Gradasi Agregat Halus Daerah IV (Pasir Kuarsa)

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat butir yang lewat ayakan |
|---------------------------|-------------------------------|
| 0,15 | 0 – 10 |
| 0,3 | 15 – 50 |
| 0,6 | 80 – 100 |
| 1,2 | 90 – 100 |
| 2,4 | 95 – 100 |
| 4,8 | 95 – 100 |
| 10 | 100 |

Sumber : ASTM

2. Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah 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.

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah alami : Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung merapi.
2. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari blast - furnace dan lain-lain.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaian yang berlebihan di dalam mortar atau beton.

2. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
3. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
4. Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20 ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
5. Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.
6. Susunan butiran (gradasi). Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.9 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Persentase Lolos Kumulatif (%) |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 38,10 | 95 - 100 |
| 19,10 | 35 - 70 |
| 9,52 | 10 - 30 |
| 4,75 | 0 - 5 |

Sumber : ASTM

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5 - 40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian (Popovics, S. 1982). Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain, harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.

1. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1 %, maka agregat kasar harus dicuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/ 03* “*Standard Specification for Concrete Aggregates*” Dan standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

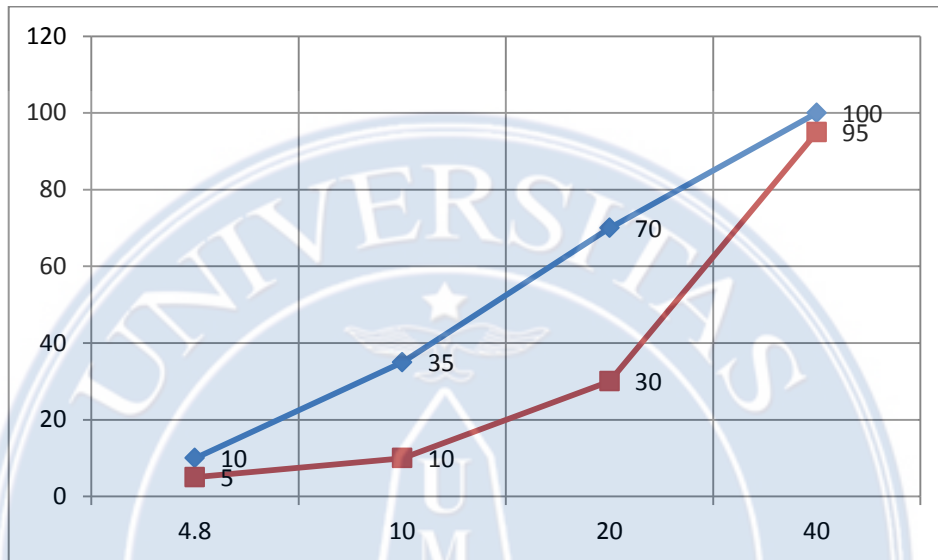


Gambar 2.8 : Agregat Kasar (Batu Pecah)
Sumber : Data Lapangan 2016

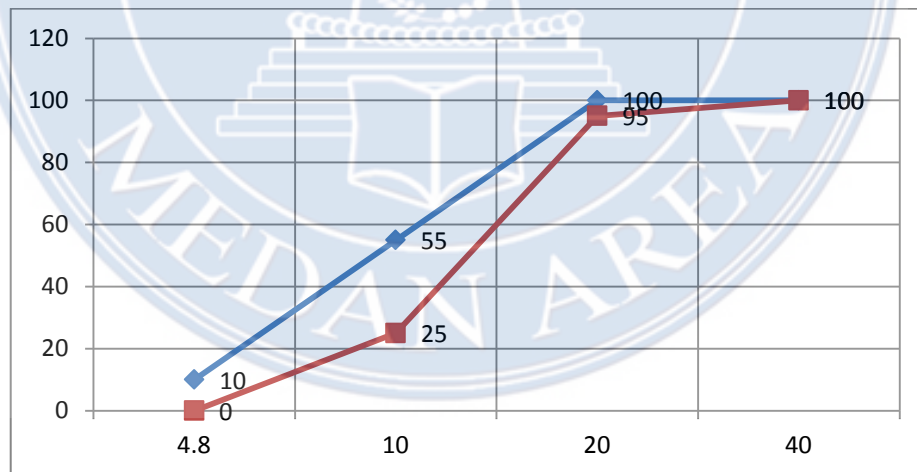
Tabel 2.10 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

| Lubang Ayakan (mm) | Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan | | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|---------|
| 4,8 | 0 - 5 | 0 - 10 | 0 - 10 |
| 10 | 10 - 30 | 25 - 55 | 40 - 85 |
| 20 | 30 - 70 | 95 - 100 | 100 |
| 40 | 95 - 100 | 100 | 100 |

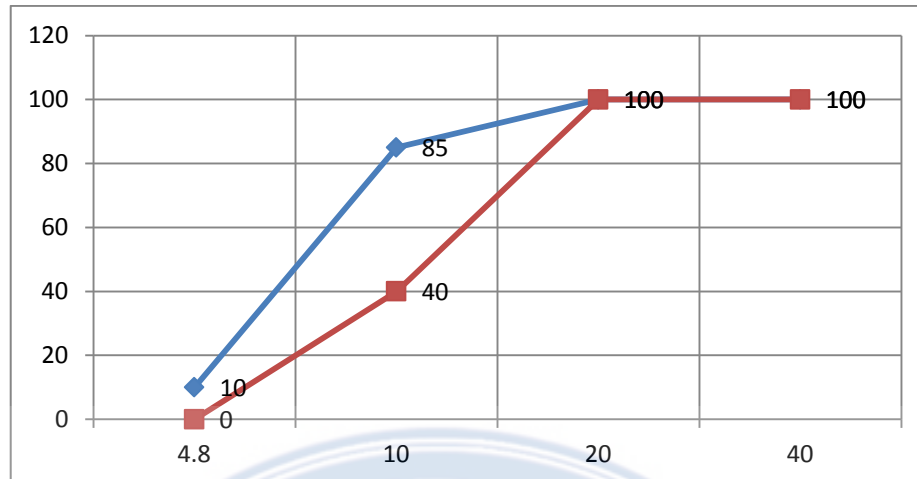
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.9 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 40 mm
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.10 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 20 mm
Sumber : ASTM C - 33



Gambar 2.11 : Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimum Diameter 12,50 mm
Sumber : ASTM C - 33

Tabel 2.11 Persyaratan kekerasan agregat untuk beton

| Kelas dan Mutu Beton | Kekerasan dengan Bejana Rudolff hancur menembus ayakan 2 mm | | Kekerasan dengan Los Angeles menembus ayakan 1,7 mm |
|----------------------|---|--------------------------|---|
| | Fraksi Butir 19 – 30 mm | Fraksi Butir 9,5 – 19 mm | |
| Beton Kelas I | 22 – 30 | 24 - 32 | 40 - 50 |
| Beton Kelas II | 14 – 22 | 16 – 24 | 27 - 49 |
| Beton Kelas III | Kurang dari 14 | Kurang dari 16 | Kurang dari 127 |

Sumber : SII 0052-80

3. Agregat Campuran

Untuk merancang campuran beton, proporsi optimum harus ditentukan sedemikian sehingga dengan jumlah air campuran minimum dapat diperoleh suatu campuran beton yang dapat dikerjakan dengan mudah tanpa memperlihatkan segregasi dan bleeding. Pemakaian pasir yang terlalu sedikit akan menyebabkan rongga-rongga diantara kerikil tidak dapat terisi dengan baik sehingga beton sukar dikerjakan, terjadi sarang-sarang kerikil dan beton yang dihasilkan keropos dan tidak awet. Sebaliknya beton dengan pasir yang terlalu banyak akan menghasilkan beton yang kohesif, membutuhkan jumlah air dan semen yang terlalu banyak sehingga penyusutan beton besar. Untuk mendapatkan nilai perbandingan antara berat pasir dan kerikil yang tepat dilakukan dengan cara :

1. Hitung masing-masing MHB agregat yang akan dicampur (MHB pasir dan MHB kerikil).
2. Tetapkan nilai MHB campuran, yaitu antara 5,0 – 6,0.
3. Hitung persentase agregat halus terhadap campuran dengan rumus :

$$W = \frac{(K-C)}{(C-P)} \times 100\%$$

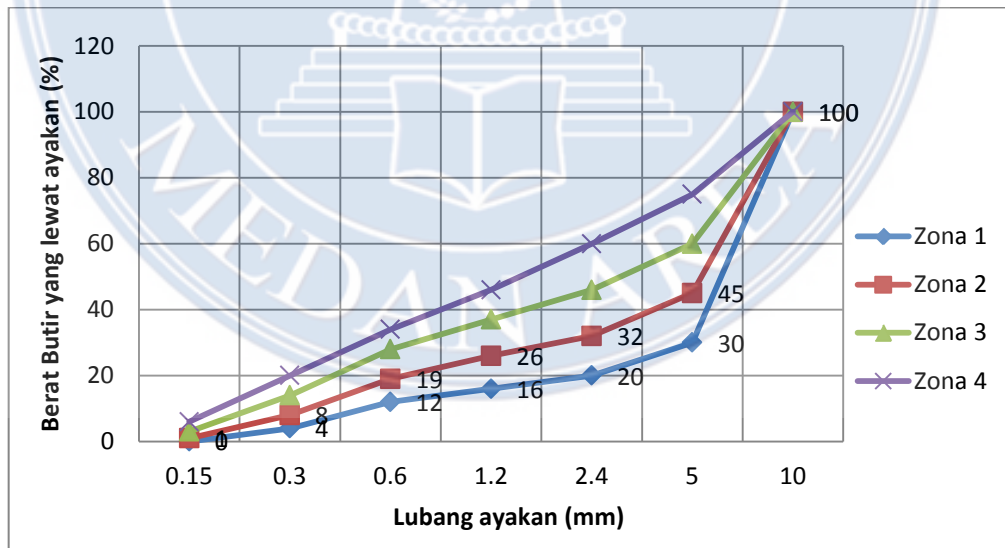
W : Persentase berat agregat halus (pasir) terhadap agregat kasar

K : Modulus Halus Butir Kerikil

P : Modulus Halus Butir Pasir

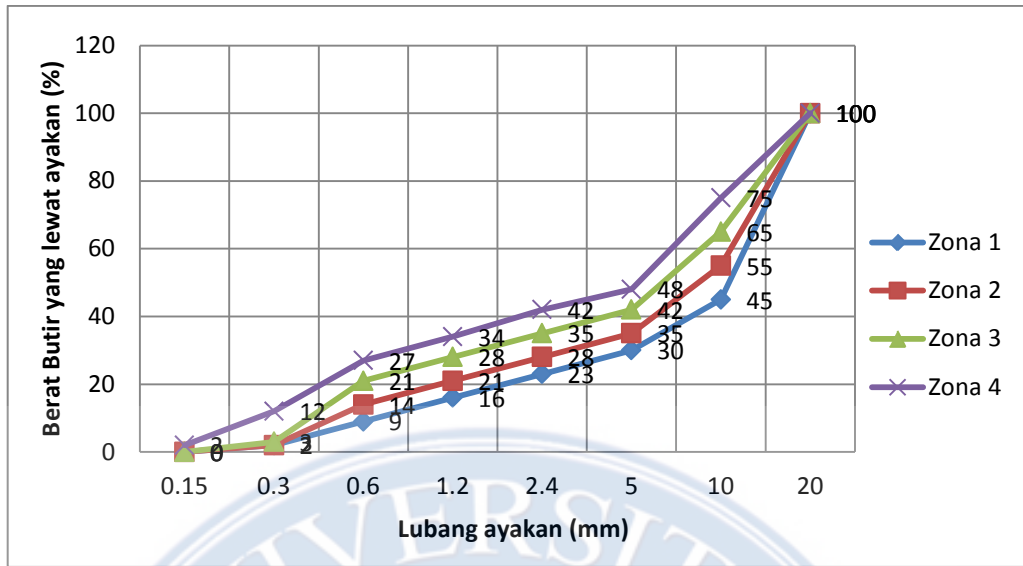
C : Modulus Halus Butir agregat campuran

4. Hitung persentase untuk masing-masing ayakan.
5. Plotkan hasil hitungan ke dalam kurva.
6. Jika tidak masuk standar, ulangi lagi langkah no 3. Berikut adalah gambar daerah gradasi agregat :

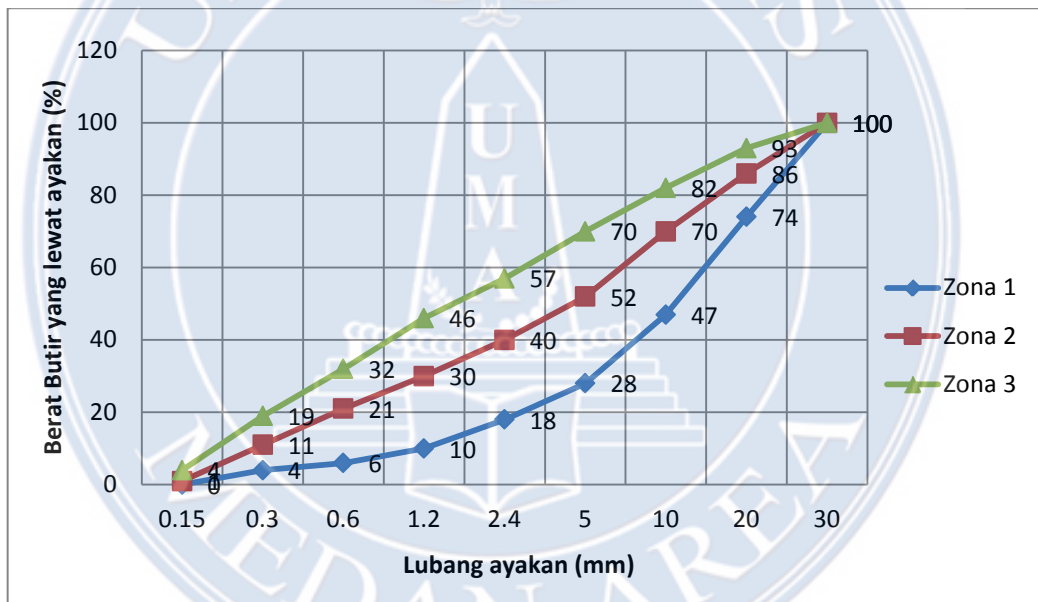


Gambar 2.12 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 10 mm

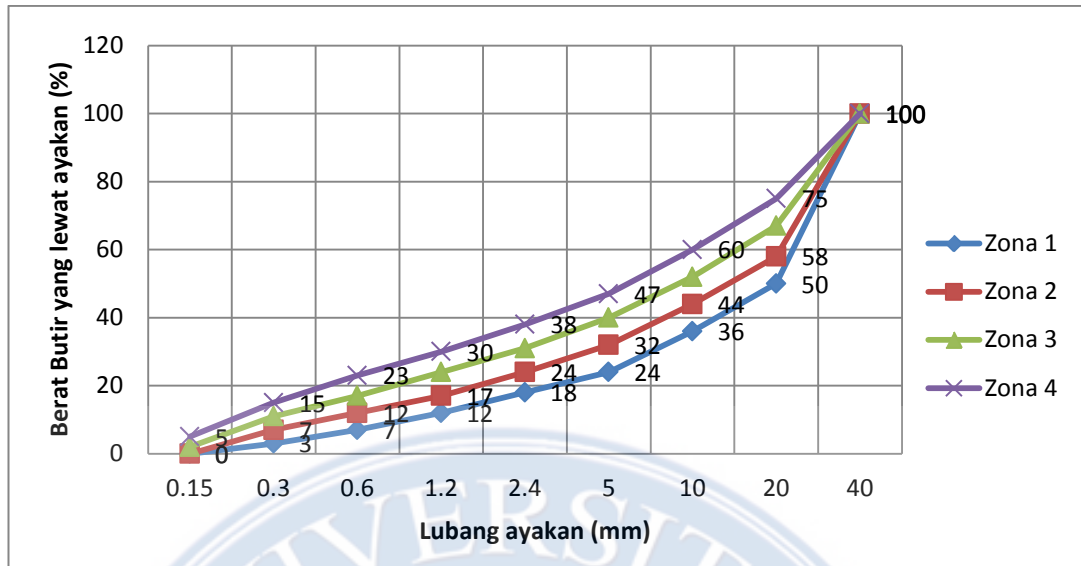
Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.13 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 20 mm
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.14 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 30 mm
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto



Gambar 2.15 : Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 40 mm
 Sumber : Konstruksi Beton Bertulang, Triono Budi Astanto

2.4.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu dalam campuran beton. Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan.

Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 0,35. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput

tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton (tetapi tidak berarti air untuk campuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum). Air laut mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78% nya adalah sodium klorida dan 15% nya adalah magnesium sulfat. Garam-garam dalam air laut ini dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%. Air laut tidak boleh digunakan untuk campuran beton pada beton bertulang atau beton prategang, karena resiko terhadap korosi tulangan lebih besar.

Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

1. Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.
4. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/liter.

2.5 Rencana Komposisi Bahan

Perencanaan campuran beton merupakan pemilihan dari bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proposi bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik. Perencanaan campuran beton biasanya untuk mencapai :

- a. Mudah nya pengerjaan (*workability*) adukan beton yang dalam praktek ditentukan dengan tingginya slump.
- b. Kekuatan tekan (*Compressive Strenght*) pada umur tertentu (biasanya 28 hari) bagi beton yang sudah mengeras.

- c. Keawetan (Durability) bagi beton yang sudah mengeras.

Syarat-syarat beton keras ditentukan oleh jenis struktur dan teknik pengecoran (perletakan, pengangkatan dan pemadatan). Langkah-langkah *mix design* metode DOE menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03, adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan.
2. Menetapkan nilai deviasi standar / nilai tambah.

Pada SNI 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, disebutkan bahwa apabila data untuk menetapkan standar deviasi tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) ditetapkan berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan (f'_{c}). Terdiri dari sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian seperti yang ditetapkan pada tabel berikut :

Tabel 2.12 Faktor modifikasi untuk deviasi standar jika jumlah pengujian kurang dari 30 contoh

| Jumlah Pengujian | Faktor modifikasi untuk deviasi standar |
|-----------------------|---|
| Kurang dari 15 contoh | Gunakan tabel |
| 15 Contoh | 1,16 |
| 20 Contoh | 1,08 |
| 25 Contoh | 1,03 |
| 30 Contoh atau lebih | 1,00 |

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2002)

3. Menghitung nilai tambah (M)
 - a. Jika nilai tambah sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa.
 - b. Jika nilai tambah dihitung berdasarkan deviasi standar SD, maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k.SD$$

Dengan : M = nilai tambah, Mpa,

SD = deviasi standar, Mpa, $k = 1.64$.

4. Menghitung kuat tekan rata-rata perlu

$$f_{cr}' = f_c' + M$$

5. Menetapkan jenis semen dan agregat

- a. Menetapkan jenis semen

Dalam PBI tahun 1971 menyebutkan bahwa di Indonesia semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis yaitu I, II, III, IV, dan jenis V. Ditinjau dari kekuatannya semen Portland mutus S-325, S-400, S-475, S-550, dan mutu S-S. Untuk perencanaan di Indonesia umumnya digunakan semen Portland mutu S-475 dan mutu S-550.

- b. Menetapkan jenis agregat

Jenis agregat yang akan digunakan ditetapkan apakah akan menggunakan pasir alam dan krikil alam, atau pasir alam dan batu pecah (crushed aggregate).

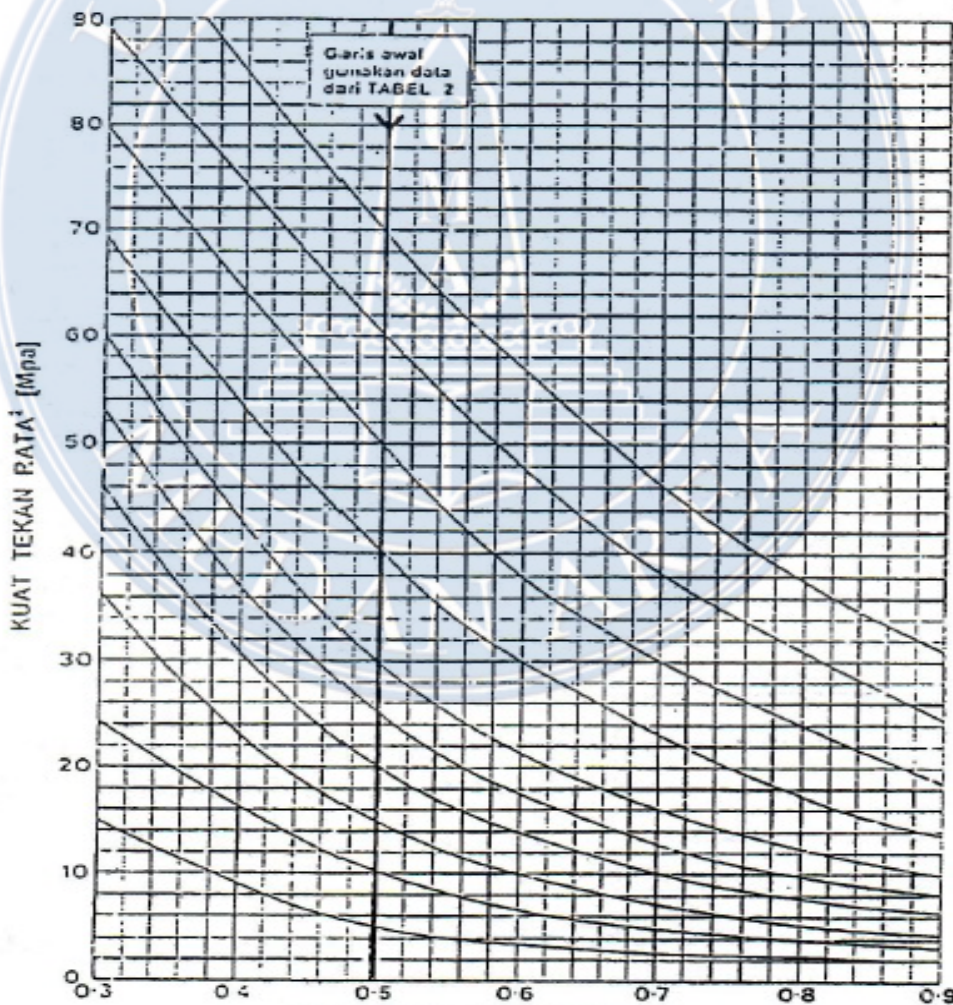
6. Menentukan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan berdasarkan pada hubungan kuat tekan dan FAS yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman, dapat dipergunakan Tabel dan Grafik-grafik dibawah ini :

Tabel 2.13 Perkiraan Kekuatan Tekan(N/mm²) Beton dengan Faktor Air Semen 0.5

| Jenis Semen | Jenis Agregat Kasar | Kekuatan Tekan (N/mm ²) pada umur (hari) | | | | Benda Uji |
|---|---------------------|--|----|----|----|-----------|
| | | 3 | 7 | 28 | 91 | |
| Portland tipe I, dan semen tahan sulfat tipe II dan V | Batu tak dipecahkan | 17 | 23 | 33 | 40 | Silinder |
| | Batu pecah | 19 | 27 | 37 | 45 | |
| | Batu tak dipecahkan | 20 | 28 | 40 | 48 | Kubus |
| | Batu pecah | 23 | 32 | 45 | 54 | |
| Portland Tipe III | Batu tak dipecahkan | 21 | 28 | 38 | 44 | Silinder |
| | Batu pecah | 25 | 33 | 44 | 48 | |
| | Batu tak dipecahkan | 25 | 31 | 46 | 53 | Kubus |
| | Batu pecah | 30 | 40 | 53 | 60 | |

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2002)



Gambar 2.16 : Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

7. Menentukan nilai faktor air semen maksimum

Nilai faktor air semen maksimum ditentukan dari Tabel berikut ini :

Tabel 2.14 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai lingkungan

| Jenis konstruksi | Jumlah semen | | Nilai f.a.s. maksimum |
|---|--------------|------------|-----------------------|
| | min./m | beton (kg) | |
| Beton dalam ruang bangunan | | | |
| a. Keadaan keliling non korosif | | 275 | 0,60 |
| b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif | | 325 | 0 |
| | | 325 | 0,60 |
| | | 275 | 0,60 |
| a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | | 325 | 0,55 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | | 375 | 0,52 |
| | | 375 | 0,52 |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | | 275 | 0,57 |
| | | 375 | 0,52 |
| b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| a. air tawar | | | |
| b. air laut | | | |

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

8. Menetapkan nilai *slump*

Penetapan nilai slump harus memperhatikan metode pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan dan jenis strukturnya agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Berikut adalah tabel menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03.

Tabel 2.15 Penetapan Nilai Slump

| Pemakaian beton | Nilai slump (cm) | |
|--|------------------|---------|
| | maksimum | minimum |
| Dinding, pelat fondasi, dan pondasi telapak bertulang | 12,5 | 5 |
| Pondasi telapak tidak bertulang, caison dan struktur dibawah tanah | 9,0 | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom, dan dinding | 15,0 | 7,5 |
| Pengerasan jalan | 7,5 | 5 |
| Pembetonan masal | 7,5 | 2,5 |

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2000

9. Menetapkan ukuran besar butir maksimum

Untuk menetapkan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- a. Jarak bersih minimum antar baja tulangan atau berkas baja tulangan, atau tendon pra-tegang dikalikan tiga perempat.
- b. Sepertiga kali tebal pelat.
- c. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan

10. Menetapkan kadar air bebas

- a. Untuk agregat tak dipecah dan agregat dipecah menggunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.16 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³)

| Besarnya ukuran Maks. Kerikil (mm) | Jenis batuan | Slump (mm) | | | |
|------------------------------------|--------------|------------|-------|-------|--------|
| | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
| 10 | Alami | 50 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 35 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 15 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2000

- b. Untuk agregat campuran (gabungan antara agregat tak dipecah dan agregat dipecah), dihitung menurut rumus berikut :

$$A = 0.67A_h + 0.33 A_k$$

Dengan: A = Jumlah air yang dibutuhkan (lt/m^3 beton)

A_h = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

11. Menghitung kebutuhan semen

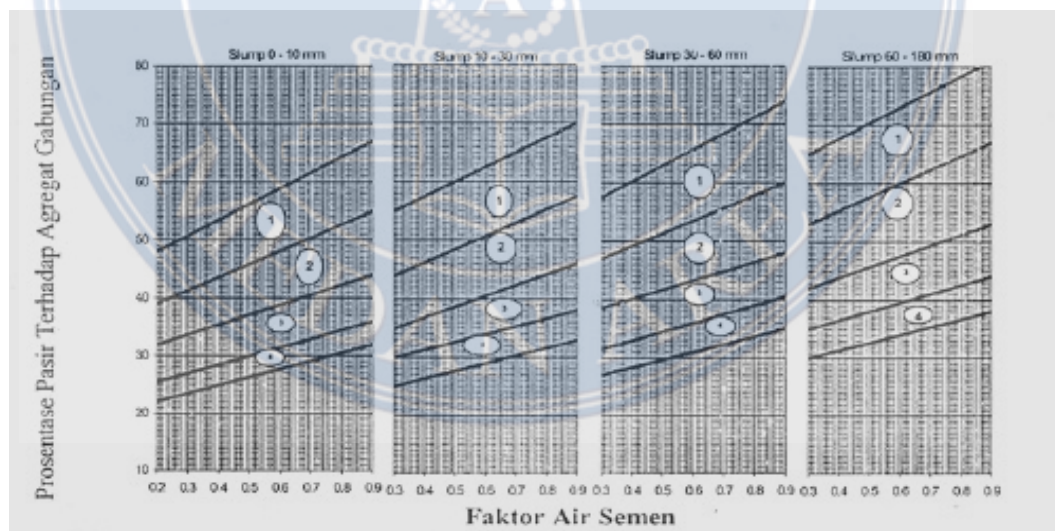
Kebutuhan semen = Kadar air bebas / faktor air semen

12. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Kebutuhan semen teoritis > Kebutuhan semen minimum

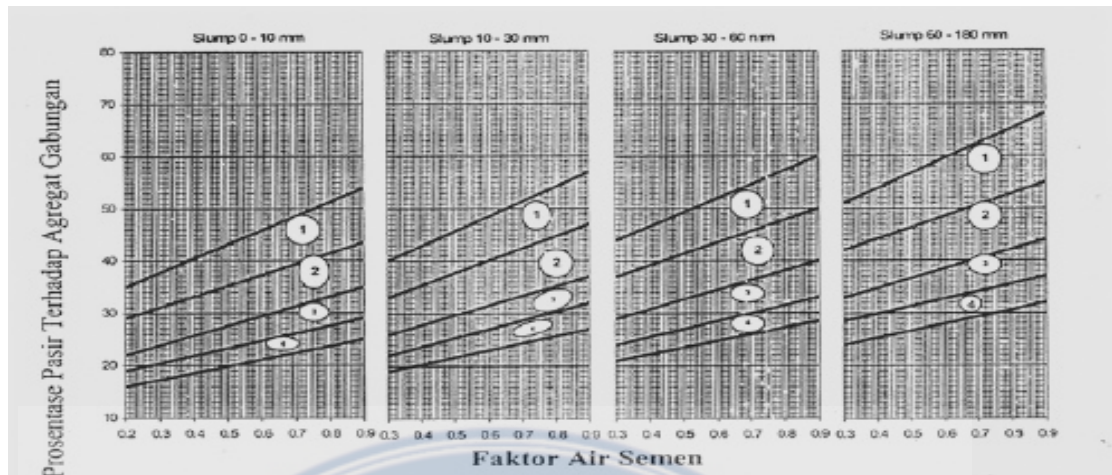
13. Menentukan persentase agregat halus dan kasar

Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, FAS dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan Gambar di bawah ini dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



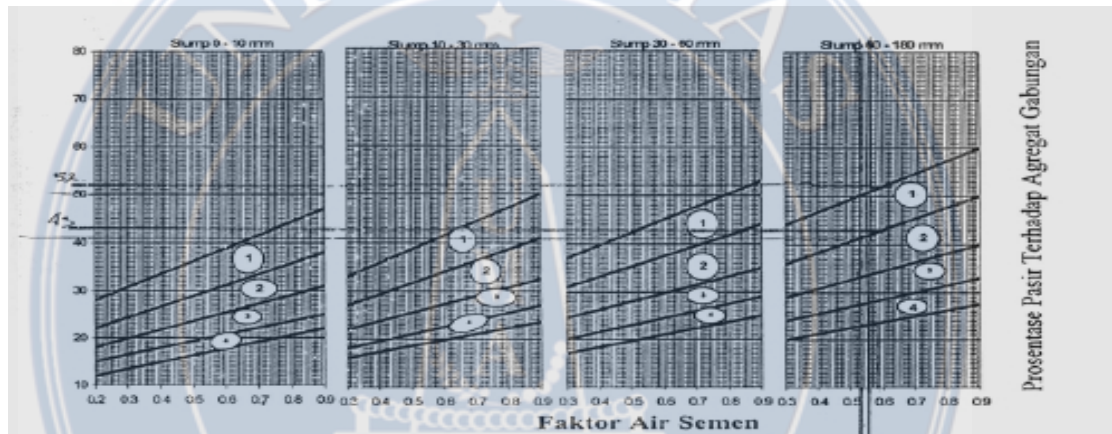
Gambar 2.17 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000



Gambar 2.18 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000



Gambar 2.19 : Persentase Agregat Halus terhadap Agregat Keseluruhan (Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

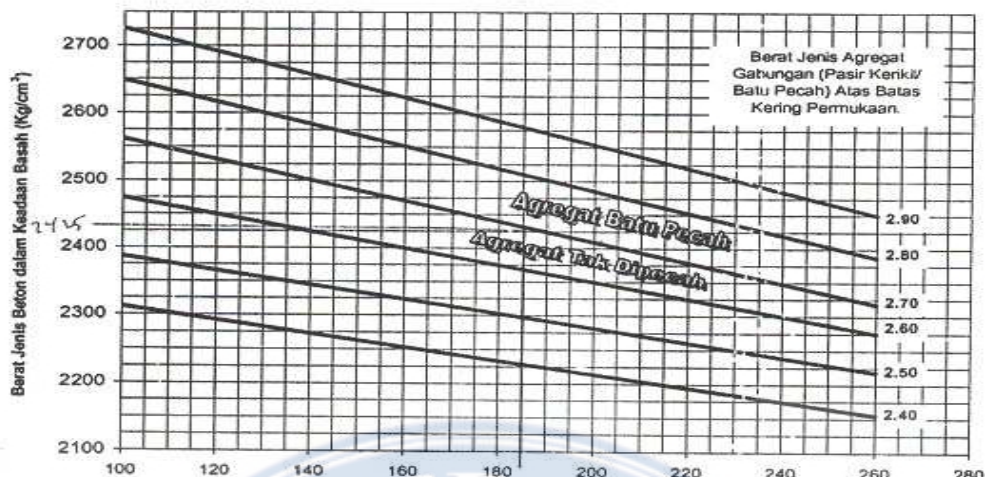
14. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

Berat jenis SSD agregat gabungan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$BJ \text{ gabungan} = (\% \text{ agregat halus} \times BJ \text{ SSD agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times BJ \text{ SSD agregat kasar})$$

15. Menentukan berat jenis beton

Besarnya berat jenis beton diperkirakan dengan menggunakan Grafik 2.20



Gambar 2.20 : Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Dimampatkan Secara Penuh
Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

16. Menghitung berat masing-masing agregat

$$\text{Berat agregat gabungan} = \text{Berat beton} - \text{Berat semen} - \text{Berat air}$$

17. Koreksi berat agregat dan berat air

2.5 Pengujian Kekuatan Tekan

Kuat tekan beton pada dasarnya adalah sebuah fungsi dari volume pori/rongga dari beton itu sendiri. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Kuat tekan beton dapat diperoleh dengan rumus, sebagai

berikut :

$$f'c = \frac{F}{A}$$

dengan: $f'c$ = Kuat tekan (N/cm²), A = Luas bidang permukaan (cm²)

F = Gaya Tekan (N)

Kuat tekan rata-rata beton diperoleh dengan rumus :

$$f'cr = f'c + M$$

dengan : $f'cr$ = Kuat tekan rata-rata,

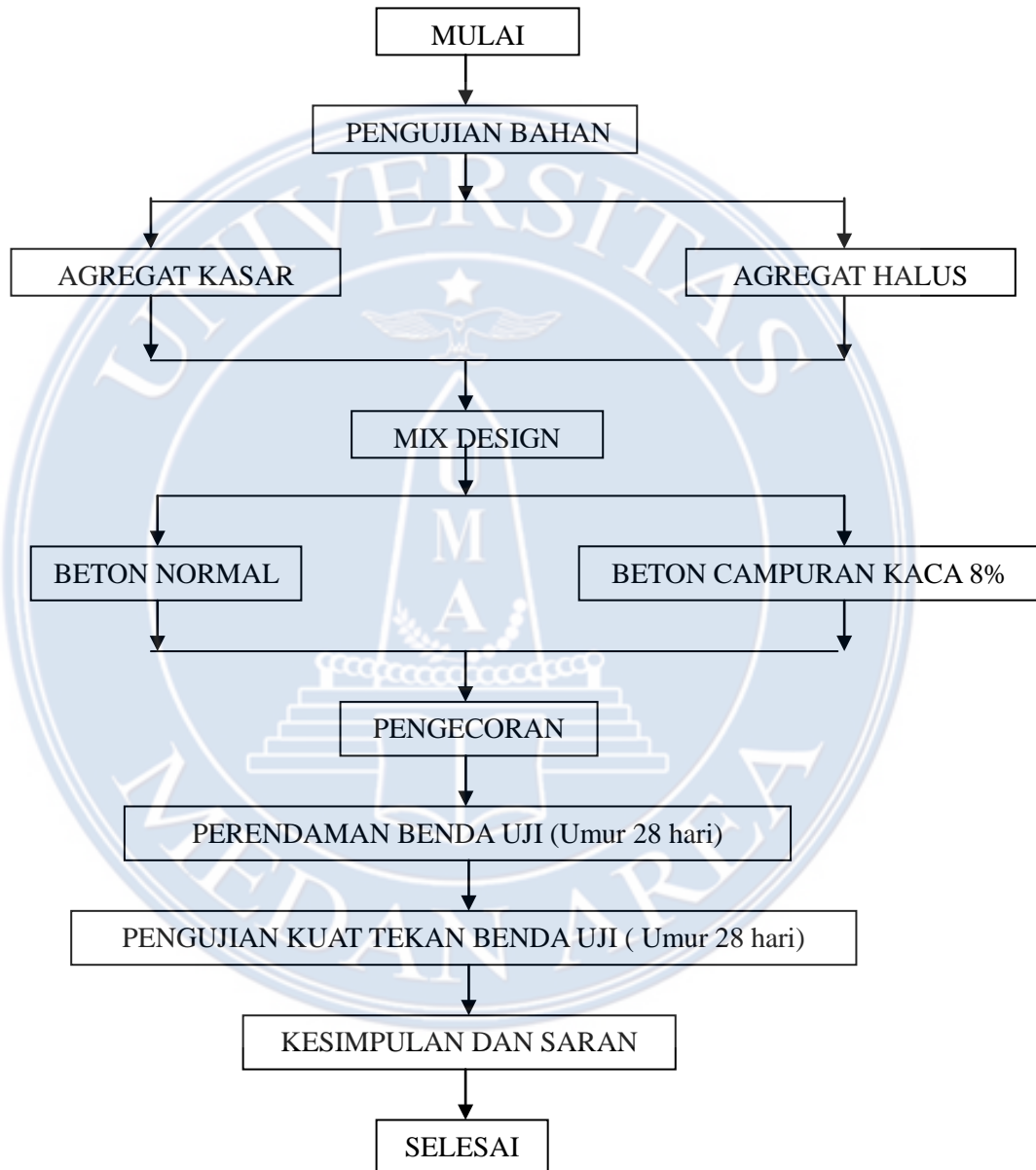
M = Nilai Tambah

$f'c$ = Kuat tekan (N/cm²)

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Adapun diagram alir metodologi penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Pengujian Bahan

Bahan-bahan penyusun beton dalam penelitian ini adalah :

1. Semen yang digunakan semen portland type 1, Semen Padang.
2. Agregat halus pasir yang digunakan dari toko material yang diambil dari daerah Binjai.
3. Agregat halus kaca yang digunakan dari sisa-sisa toko penjual kaca yang tidak terpakai.
4. Agregat kasar batu pecah yang digunakan dari toko material yang berasal dari Binjai.
5. Air, PDAM.

3.3 Agregat Halus

a. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan : Untuk memeriksa kadar lumpur pada pasir

Pedoman Penelitian : Kandungan lumpur tidak dibenarkan melebihi 5% apabila melebihi maka pasir harus dicuci.

Tabel 3.1 Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

| Kegiatan | Sampel I | Sampel II | Rata-rata |
|---|----------|-----------|-----------|
| Berat Agregat mula-mula (gr) | 500 | 500 | 500 |
| Berat kering agregat setelah dicuci(gr) | 488 | 480 | 484 |
| Berat agregat yang telah dicuci dengan ayakan No.200 (gr) | 10 | 12 | 11 |
| Kadar lumpur agregat yang telah dicuci dengan ayakan No.200 | 2,05 | 2,45 | 2,25 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Hasil penelitian : Dari hasil pemeriksaan, kadar lumpur dalam pasir sebesar 2,25% (dinyatakan layak untuk penelitian).

b. Pemeriksaan Analisa Ayakan Agregat Halus

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan gradasi dan modulus kehalusan pasir (FM).

Pedoman Penelitian : $FM = \frac{\Sigma \% \text{ kumulatif tertahan ayakan } 0,150 \text{ mm}}{100}$

Tabel 3.2 Pemeriksaan ayakan agregat halus

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat Fraksi Tertahan | | | | Kumulatif | |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|-------|-----------|--------|
| | Berat sampel I (gr) | Berat sampel II (gr) | Berat total (gr) | % | Kumulatif | Lolos |
| | | | | | % | % |
| 9,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100,00 |
| 4,75 | 22 | 31 | 53 | 2,65 | 2,65 | 97,35 |
| 2,36 | 36 | 23 | 59 | 2,95 | 5,6 | 94,4 |
| 1,18 | 108 | 145 | 255 | 12,65 | 18,5 | 81,65 |
| 0,6 | 355 | 365 | 723 | 36,15 | 54,5 | 45,5 |
| 0,3 | 275 | 264 | 544 | 27,2 | 81,5 | 18,3 |
| 0,15 | 195 | 160 | 355 | 17,3 | 99 | 1 |
| Pan | 9 | 12 | 21 | 1 | 100 | 0 |
| Total | 1000 | 1000 | 2000 | 100 | 0 | 0 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

$$\text{Fineness Modulus (FM)} = \frac{261,75}{100} = 2,61$$

Dari hasil pemeriksaan analisa ayakan pasir tersebut didapat nilai FM = 2,65 termasuk dalam pasir sedang ($2,60 < FM < 2,90$).

c. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Tujuan Penelitian : Untuk mengetahui berat isi pasir cara padat dan cara longgar.

Pedoman penelitian menunjukkan bahwa pasir yang dirojok atau cara padat lebih besar dari pada dengan pasir yang tidak dirojok atau dengan cara longgar.

Tabel 3.3 Kalibrasi Bahan, Peralatan dan Lokasi

| Bahan, Peralatan dan Lokasi | Keterangan |
|-------------------------------|------------|
| Suhu Ruangan | 29°C |
| Suhu Air | 26°C |
| Berat Bejana (A) | 0,47 Kg |
| Berat Ai (B) | 1,85 Kg |
| Berat Isi Air (C) | 996,77 Kg |
| Faktor Pembanding (D = C : B) | 538,79 |
| Diameter Agregat Max | 2921 mm |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Tabel 3.4 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

| Kegiatan | Berat (Kg) | |
|---|--------------|--------------|
| | Cara Merojok | Cara Longgar |
| Sampel I (E) | 2,87 | 2,75 |
| Sampel 2 (F) | 2,96 | 2,70 |
| Total (G = E + F) | 5,83 | 5,60 |
| Rata-rata (H = G/2) | 2,92 | 2,70 |
| Berat Sampel (I = H - A) | 2,45 | 2,31 |
| Berat Isi (C = B : A) Kg/m ³ | 1317,30 | 1213,9 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari hasil pemeriksaan didapat : Berat isi cara merojok = 1310,35 kg/m³

Berat isi cara tidak merojok = 1231,70 kg/m³

d. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Absorpsi Agregat Halus

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) pasir.

Pedoman Penelitian : Berat jenis kering < Berat jenis SSD < Berat jenis semu

Tabel 3.5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus

| Kegiatan | Sampel I | Sampel II | Rata-rata |
|---|----------|-----------|-----------|
| Berat agregat keadaan SSD di udara (S) (gr) | 500 | 500 | 500 |
| Berat piknometer + Agregat + Air (C) (gr) | 973 | 975 | 974 |
| Berat Kering Oven Agregat di udara | 491 | 494 | 492,5 |
| Berat Piknometer terisi air (B) (gr) | 676 | 676 | 676 |
| Berat Jenis Kering $\frac{A}{(B+S-C)}$ | 2,42 | 2,46 | 2,44 |
| Berat jenis SSD $\frac{S}{(B+S-C)}$ | 2,46 | 2,49 | 2,48 |
| Berat Jenis Semu $\frac{A}{(B+A-C)}$ | 2,53 | 2,53 | 2,53 |
| Absorpsi $\frac{(S-A) \times 100}{A}$ | 1,83 | 1,21 | 1,52 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari hasil penelitian didapat : Berat jenis kering = 2,44 gr/cm³
 Berat jenis SSD = 2,49 gr/cm³
 Berat jenis semu = 2,53 gr/cm³
 Absorpsi = 1,5%

2,44 < 2,49 < 2,53, pasir layak untuk percobaan.

e. Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3.6 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

| Pemeriksaan | Hasil |
|-------------------|---------------------------|
| Kadar Lumpur | 2,21% |
| Analisa Ayakan | 2,65 |
| Berat Isi (UW) | 1231,70 kg/m ³ |
| Berat Jenis (SSD) | 2,49 gr/cm ³ |
| Absorpsi | 1,5% |

Sumber : Hasil penelitian 2016

3.4 Agregat Kasar

a. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar Batu Pecah

Tujuan Penelitian : Untuk memeriksa kadar lumpur batu pecah

Pedoman Penelitian : Kandungan lumpur pada agregat kasar tidak melebihi 1% apabila melebihi agregat harus dicuci.

Tabel 3.7 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

| Kegiatan | Sampel I | Sampel II | Rata-rata |
|---|----------|-----------|-----------|
| Berat Agregat mula-mula (gr) | 1000 | 1000 | 1000 |
| Berat kering agregat setelah dicuci(gr) | 990 | 992 | 995 |
| Berat agregat yang telah dicuci dengan ayakan No.200 (gr) | 10 | 8 | 7 |
| Kadar lumpur agregat yang telah dicuci dengan ayakan No.200 | 0,80 | 0,65 | 0,72 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari hasil penelitian kadar lumpur batu pecah sebesar = 0, 72% sehingga batu pecah dapat digunakan dalam percobaan.

b. Analisa Ayakan Agregat Kasar Batu Pecah

Tujuan Penelitian : Untuk memeriksa penyebaran gradasi dan menentukan modulus kehalusan (FM).

Pedoman Penelitian : $FM = \frac{\Sigma \% \text{ komulatif tertahan ayakan } 0,150 \text{ mm}}{100}$

Tabel 3.8 Hasil ayakan agregat kasar

| Ukuran Lubang Ayakan (mm) | Berat Fraksi Tertahan | | | | Komulatif | |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|-------|------------|---------|
| | Berat sampel I (gr) | Berat sampel II (gr) | Berat total (gr) | % | Tertahan % | Lolos % |
| 38,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100,00 |
| 19,1 | 608 | 520 | 1128 | 28,20 | 28,20 | 71,80 |
| 9,52 | 1097 | 1200 | 2297 | 57,43 | 85,63 | 14,38 |
| 4,76 | 286 | 276 | 562 | 14,05 | 99,68 | 0,33 |
| 2,38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,68 | 0,33 |
| 1,19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,68 | 0,33 |
| 0,60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,68 | 0,33 |
| 0,30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,68 | 0,33 |
| 0,15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,68 | 0,33 |
| Pan | 9 | 4 | 13 | 0.325 | 99,68 | 0,33 |
| Total | 2000 | 2000 | 4000 | 100 | | |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Agregat kasar yang dapat dipakai dalam campuran beton harus mempunyai modulus kehalusan (FM) antara 5,5 – 7,5. Dari hasil pemeriksaan diperoleh FM adalah 7,16 sehingga dapat digunakan dalam percobaan.

c. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Batu Pecah

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan berat isi batu pecah dengan cara padat dan cara longgar.

Pedoman Penelitian : Dari hasil penelitian berat isi dengan cara merojok lebih besar dari pada berat isi yang tidak dirojok.

Tabel 3.9 Kalibrasi Bahan, Peralatan dan Lokasi

| Bahan, Peralatan dan Lokasi | Keterangan |
|------------------------------|------------|
| Suhu Ruangan | 29 °C |
| Suhu Air | 26 °C |
| Berat Bejana (A) | 5,00 Kg |
| Berat Ai (B) | 8,1 Kg |
| Berat Isi Air (C) | 996,77 Kg |
| Faktor Pemanding (D = C : B) | 123,06 |
| Diameter Agregat Max | 20 mm |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Tabel 3.10 Hasil Pemeriksaan berat isi agregat kasar

| Kegiatan | Berat | |
|---|--------------|--------------|
| | Cara Merojok | Cara Longgar |
| Sampel I (E) | 19,60 | 18,71 |
| Sampel 2 (F) | 19,45 | 18,66 |
| Total (G = E + F) | 39,05 | 37,37 |
| Rata-rata (H = G/2) | 19,53 | 18,7 |
| Berat Sampel (I = H - A) | 14,53 | 13,7 |
| Berat Isi (C = B : A) Kg/m ³ | 1787,42 | 1684,05 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari hasil penelitian diperoleh :

Berat isi padat : 1785,40 kg/m³ , Berat isi longgar : 1680,04 kg/m³

e. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) air batu pecah.

Pedoman penelitian : Berat jenis kering < Berat jenis SSD < Berat jenis semu

Tabel 3.11 Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat kasar

| Kegiatan | Sampel I | Sampel II | Rata-rata |
|---|----------|-----------|-----------|
| Berat agregat keadaan SSD di udara (S) (gr) | 1250 | 1250 | 1250 |
| Berat piknometer + Agregat + Air (C) (gr) | 768 | 770 | 769 |
| Berat Kering Oven Agregat di udara | 1230 | 1227 | 1228 |
| Berat Jenis Kering $\frac{A}{(B+S-C)}$ | 2,59 | 2,60 | 2,60 |
| Berat jenis SSD $\frac{S}{(B+S-C)}$ | 2,66 | 2,68 | 2,67 |
| Berat Jenis Semu $\frac{A}{(B+A-C)}$ | 2,65 | 2,63 | 2,64 |
| Absorpsi $\frac{(S-A) \times 100}{A}$ | 1,63 | 1,79 | 1,71 |

(Sumber : Hasil penelitian 2016)

Dari hasil penelitian diperoleh : Berat jenis kering = $2,53 \text{ gr/cm}^3$

Berat jenis SSD = $2,62 \text{ gr/cm}^3$

Berat semu = $2,65 \text{ gr/cm}^3$

Absorpsi = $1,74\%$

f. Kesimpulan Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 3.12 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Batu Pecah

| Pemeriksaan | Hasil |
|-------------------|--------------------------|
| Kadar Lumpur | 0,73% |
| Analisa Ayakan | 7,16 |
| Berat Isi (UW) | $1680,04 \text{ kg/m}^3$ |
| Berat Jenis (SSD) | $2,62 \text{ gr/cm}^3$ |
| Absorpsi | 1,74% |

Sumber : Hasil penelitian 2016

3.5 Pemeriksaan Ayakan Agregat Halus Tumbukan Kaca

Tujuan Penelitian : Untuk menentukan gradasi dan modulus kehalusan kaca (FM).

Pedoman Penelitian : Pemeriksaan agregat halus kaca disesuaikan dengan lolos ayakan 4,75 mm. Dari hasil pemeriksaan analisa ayakan pasir tersebut didapat nilai FM = 2,65 termasuk dalam pasir sedang ($2,60 < FM < 2,90$)

3.6 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dengan perbandingan berat material dilakukan untuk menentukan kekuatan beton yang diinginkan. Dalam penelitian ini digunakan metode *Development Of Environment (DOE)*. Adapun langkah-langkah dalam perencanaan campuran beton dengan metode DOE menurut SKNI T – 15 – 1990 – 03 adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan

Dalam penelitian kuat tekan yang direncanakan adalah K 250 ($f'c$ 25 Mpa)

2. Menetapkan nilai deviasi standar : Diambil 45 Kg/cm^2

Tabel 3.13 Mutu Pelaksanaan Deviasi Standar

| Volume Pekerjaan | | Mutu Pelaksanaan | | |
|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| Ukuran | Satuan (m^3) | Baik Sekali | Baik | Dapat diterima |
| Kecil | <1000 | $45 \leq S \leq 55$ | $55 \leq S \leq 65$ | $65 \leq S \leq 85$ |
| Sedang | 1000 - 3000 | $35 \leq S \leq 45$ | $45 \leq S \leq 55$ | $55 \leq S \leq 75$ |
| Besar | >3000 | $25 \leq S \leq 35$ | $35 \leq S \leq 45$ | $45 \leq S \leq 65$ |

Sumber: PBI 1971

3. Menghitung nilai tambah (M) $1,64 \times 45 = 73,8 \text{ Kg/cm}^2$

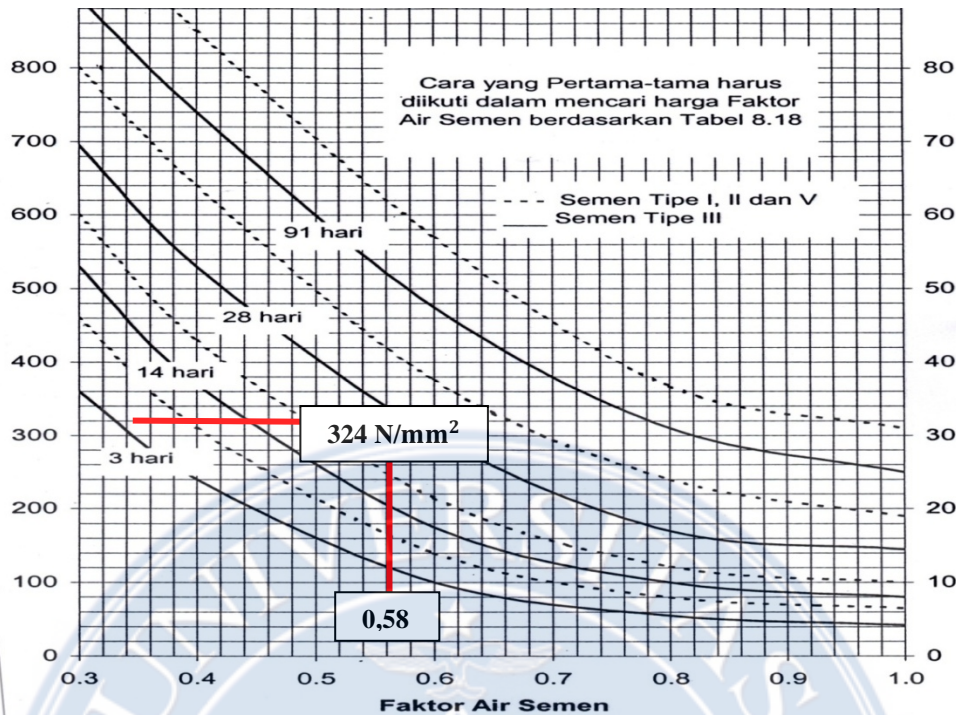
4. Menghitung kuat tekan rata-rata perlu

$$\begin{aligned} f_{cr}' &= f_c' + M \\ &= 250 + 73,8 = 324 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

5. Menetapkan jenis semen dan agregat halus

- Semen : Semen Portland type I
- Agregat Halus : Pasir
- Kaca
- Agregat Kasar : Batu pecah

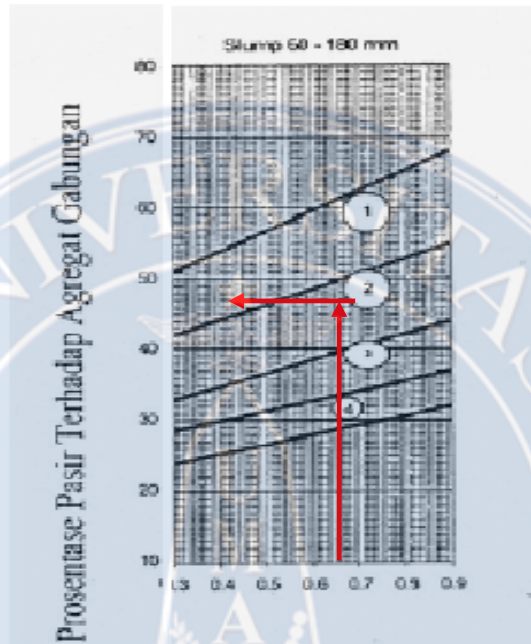
6. Faktor air semen dari praktikum ini mengacu pada kuat tekan rata-rata perlu yang sebesar 324 Kg/cm^2 dan tabel 2.12 yang dimana kuat tekan pada umur 28 hari adalah 45 N/mm^2 . Karena jenis semen tipe I dan agregat kasar adalah batu pecah maka, dari grafik 3.1 diketahuilah faktor air semen yang digunakan. Berikut adalah grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan benda uji kubus.



Gambar 3.2 : Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen dengan Benda Uji Kubus
 Sumber : SK SNI T -15 – 1990 – 03

7. Faktor air maksimum adalah 0,6 karena sesuai tabel 2.13 dan jumlah semen minimum adalah 275 Kg/m^3 .
8. Menetapkan nilai *slump* rencana = 180 mm.
9. Merencanakan ukuran besar butir maksimum agregat kasar = 20 mm.
10. Menetapkan kadar air bebas = 205 Kg/m^3 .
11. Menghitung kebutuhan semen = $341,667 \text{ Kg/m}^3$.
12. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai
 - a. Kebutuhan semen teoritis = $341,67 \text{ kg/m}^3$
 - b. Kebutuhan semen minimum = 325 kg/m^3
 - c. Maka diambil jumlah semen terbesar, yaitu $341,67 \text{ kg/m}^3$
13. Menentukan persentase agregat halus dan kasar
 - a. Daerah gradasi pasir : Daerah III
 - b. Faktor air semen : 0,6

- c. Nilai *slump* : 60 – 180 mm
- d. Ukuran agregat maksimum : 20 mm
- e. Prosentase agregat halus = $(40+50)/2 = 45 \%$ Presentase agregat kasar
= $100 - 45 = 55 \%$



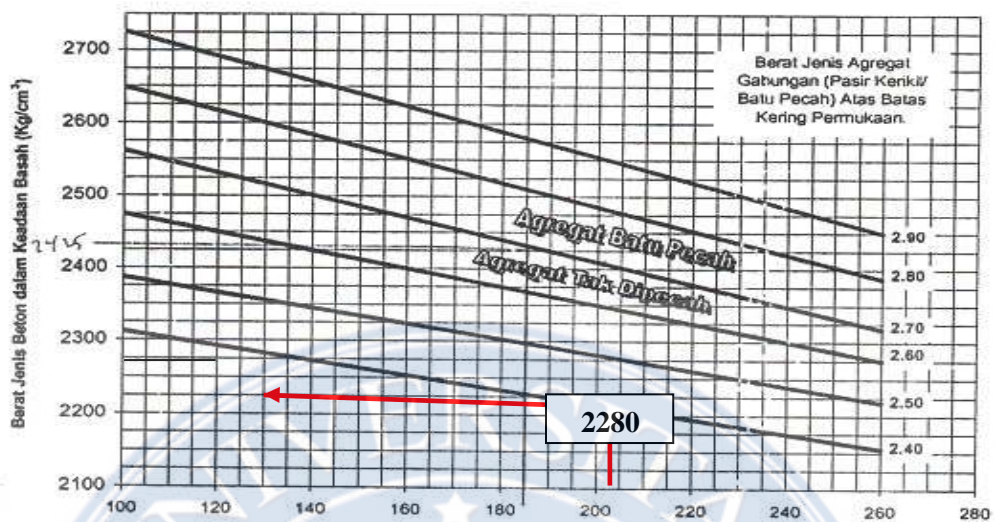
Gambar 3.3. : Grafik prosentase agregat halus terhadap agregat gabungan untuk ukuran butir maksimum 20 mm dan *slump* 60 – 180 mm
Sumber : SK SNI T -15 – 1990 – 03

14. Menghitung berat jenis SSD agregat gabungan

$$\text{BJ gabungan} = (\% \text{ agregat halus} \times \text{BJ SSD agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times \text{BJ SSD agregat kasar})$$

$$\text{BJ gabungan} = (0,45 \times 2,49) + (0,50 \times 2,62) = 2,430 \text{ gram/cm}^3$$

15. Menentukan berat jenis beton



Gambar 3.4. : Grafik Perkiraan Berat Jenis Beton
Sumber : SK SNI T -15 - 1990 - 03

16. Menghitung berat masing-masing agregat

- Berat agregat gabungan = Berat beton – Berat semen – Berat air
- Berat agregat gabungan = $2280 - 341,67 - 205 = 1733,33 \text{ kg/m}^3$
- Berat agregat halus = $0,45 \times 1733,33 = 779,99 \text{ kg/m}^3$
- Berat agregat kasar = $0,5 \times 1733,33 = 866,665 \text{ kg/m}^3$

17. Koreksi berat agregat dan berat air

| | |
|-------------------------------------|--|
| Berat agregat halus : Kadar air SSD | = 1,5 % |
| Kadar air asli | = 2,21 % |
| Koreksi kadar air | = $2,21 - 1,5 = 0,71 \%$ |
| Berat pasir terkoreksi | = $779,99 + (0,71/100) \times 779,99 = 785,5 \text{ kg/m}^3$ |
| Berat agregat kasar : Kadar air SSD | = 1,74 % |
| Kadar air asli | = 0,73 % |
| Koreksi kadar air | = $1,74 - 0,73 = 1,01 \%$ |

$$\begin{aligned} \text{Berat batu terkoreksi} &= 866,665 + (0,66 / 100) \times \\ &866,6 = 875,41 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat air :

$$\begin{aligned} \text{Berat air terkoreksi} &= 205 - (0,71/100) \times 779,9 \\ &(1,01/100) \times 866,6 \\ &= 189,3 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, Perhitungan kebutuhan bahan untuk (satu) kali pengadukan Kebutuhan bahan untuk kubus sebanyak 20 buah :

$$\text{Kubus} = 0,15 \times 0,15 \times 0,15 \times 20 = 0,0675 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Toleransi} &= (10\% \times 0,0675) \\ &= \underline{0,00675 \text{ m}^3} + \\ &0,07425 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perencanaan campuran beton K-250 sesuai SNI 7394-2008 :

$$\text{Semen} = 0,07425 \times 341,67 \text{ kg} = 25,36 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 0,07425 \times 785,52 \text{ kg} = 58,32 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 0,07425 \times 875,41 \text{ kg} = 65 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,07425 \times 189,74 \text{ kg} = 14,13 \text{ kg}$$

Perencanaan campuran beton campuran sesuai SNI 7394-2008 :

$$\text{Semen} = 0,07425 \times 341,67 \text{ kg} = 25,36 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 0,07425 \times 785,52 \text{ kg} = 58,32 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 0,07425 \times 875,41 \text{ kg} = 65 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,07425 \times 189,74 \text{ kg} = 14,13 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan kaca 8\%} = 8/100 \times 58,32 \text{ kg} = 4,66 \text{ kg}$$

3.7 Pengujian Kuat Tekan Sampel Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Langkah-langkah pengujiannya adalah :

- a. Kubus beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan.
- b. Menimbang dan mencatat berat sampel beton , kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan.
- c. Pengujian Kuat Tekan dengan menggunakan mesin uji tekan beton.
- d. Meletakkan sampel beton ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton
- e. Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Campuran Beton K 250

Tabel 4.1 Mix Design K 250

| No. | Uraian | Tabel/grafik | Nilai |
|-----|---|-----------------------------|------------------------------|
| 1. | Kuat desak yang disyaratkan | Ditetapkan | K 250 |
| 2. | Deviasi standar (S) | Diketahui | 45 Kg/cm ³ |
| 3. | Nilai tambah/margin M | | 73,8 Kg/cm ³ |
| 4. | Kuat desak rata-rata yang hendak dicapai (f ^{cr}) | 1+3 | 324 Kg/cm ³ |
| 5. | Jenis semen | Ditetapkan | Semen Tipe I (Semen Padang) |
| 6. | Jenis agregat kasar Jenis agregat halus | Ditetapkan Ditetapkan | Batu Pecah Pasir dan Kaca |
| 7. | Faktor air semen | Tabel 3.1 | 0,6 |
| 8. | Faktor air semen maksimum | Ditetapkan | 0,6 |
| 9. | Slump | Ditetapkan | 180 mm |
| 10. | Ukuran agregat maksimum | Ditetapkan | 20 mm |
| 11. | Kadar air bebas | Tabel 2.15 | 205 Kg/cm ³ |
| 12. | Kadar semen | 11:8 | 341,67Kg/m ³ |
| 13. | Kadar semen maksimum | Ditetapkan | 325 kg/m ³ |
| 14. | Kadar semen minimum | Ditetapkan/SNI- 03-2834-200 | 341,67kg/m ³ |
| 15. | F.a.s yang disesuaikan | | 0,6 |
| 16. | Susunan besar butir agregat | Grafik 2.11 | Zone 3. |
| 17. | Persen bahan <4,8 mm | Grafik 3.2 | 55% |
| 18. | Berat jenis relatif agregat | | 2,430 |
| 19. | Berat jenis beton | Grafik 3.3 | 2280 kg/m ³ |
| 20. | Kadar agregat gabungan | 19-12-11 | 1733.33 kg/m ³ |
| 21. | Kadar agregat halus | | 779,99 kg/m ³ |
| 22. | Kadar agregat kasar | | 866,665 kg/m ³ |
| 22. | Kadar agregat (kaca 8%) | | 0,2 kg/m ³ |

Sumber: Hasil Penelitian 2016

4.2 Nilai Slump

Perhitungan nilai slump pada beton pada dasarnya percobaan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diaplikasikan dalam pengecoran. Percobaan dilakukan menggunakan kerucut abrams yang berdiameter

atas 10 cm dan berdiameter bawah 20 cm. Penelitian mengacu pada SNI 1972 : 2008. Pada pengujian slump beton normal dan beton campuran tumbukan kaca direncanakan sebesar 16 - 18 cm.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian slump test beton normal

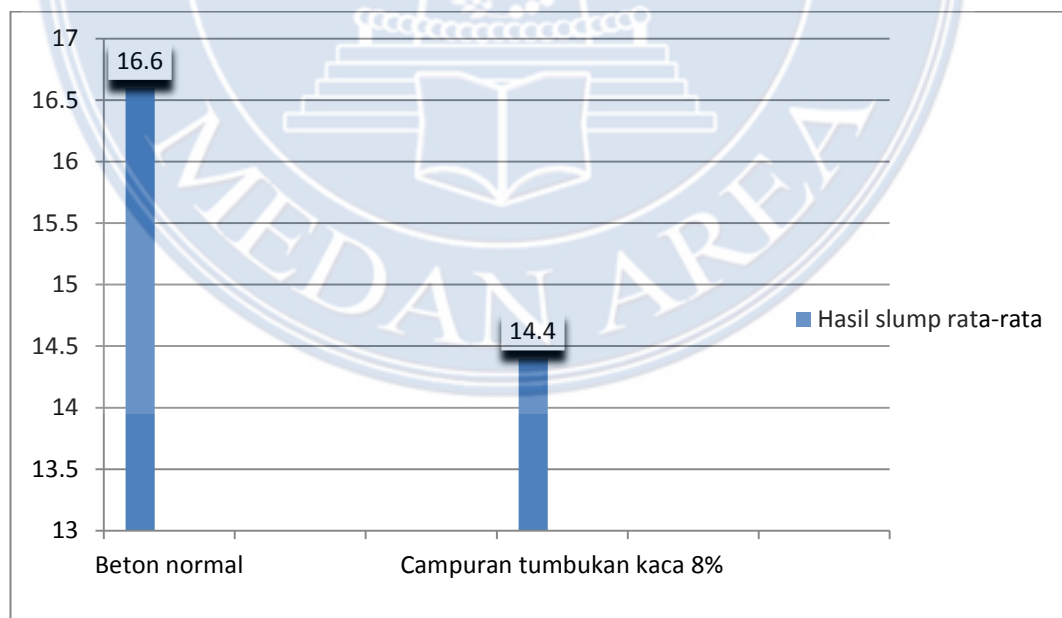
| Tinggi titik sampel | Nilai Slump (cm) |
|---------------------|------------------|
| 1 | 16 |
| 2 | 14 |
| 3 | 18 |
| 4 | 18 |
| 5 | 17 |
| Rata-rata | 16,6 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

Tabel 4.3 Data hasil pengujian slump test beton campuran tumbukan kaca

| Tinggi titik sampel | Nilai Slump (cm) |
|---------------------|------------------|
| 1 | 14 |
| 2 | 12 |
| 3 | 16 |
| 4 | 17 |
| 5 | 13 |
| Rata-rata | 14,4 |

Sumber : Hasil penelitian 2016



Gambar 4.1 : Perbandingan nilai slump pada campuran beton normal dan kaca 8%

Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa beton normal lebih tinggi nilai slumpnya dari pada beton campuran kaca. Karena campuran kaca mengakibatkan workability adukan beton menurun. Semakin besar persentase campuran kaca maka semakin besar pula nilai slump atau workability adukan betonnya.

4.3 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Kubus

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton normal dengan karakteristik K 250 dengan beton campuran tumbukan kaca. Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan dilakukan setelah 28 hari dari pembuatan benda uji. Pada dasarnya pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03 – 1974 – 1990 “*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*”. Apabila sesuai prosedur maka dapat dibandingkan kuat tekan beton normal dan beton campuran tumbukan kaca.

Tabel 4.4 Data hasil uji tekan beton normal

| No. Sampel | Fas | Slump (Cm) | Luas Permukaan (Cm ²) | Berat Benda Uji(Kg) | P Max (KN) | Kuat Tekan (Kg/Cm ²) (x) | $(\bar{x} - x)$ | $(\bar{x} - x)^2$ |
|------------------|-----|------------|-----------------------------------|---------------------|------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | 0,6 | 18 | 225 | 8,406 | 580 | 257,78 | -2,22 | 4,94 |
| 2 | 0,6 | 18 | 225 | 8,445 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 3 | 0,6 | 18 | 225 | 8,499 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 4 | 0,6 | 18 | 225 | 8,526 | 620 | 275,56 | 15,56 | 241,98 |
| 5 | 0,6 | 18 | 225 | 8,34 | 610 | 271,11 | 11,11 | 123,46 |
| 6 | 0,6 | 18 | 225 | 8,441 | 580 | 257,78 | -2,22 | 4,94 |
| 7 | 0,6 | 18 | 225 | 8,282 | 560 | 248,89 | -11,11 | 123,46 |
| 8 | 0,6 | 18 | 225 | 8,324 | 560 | 248,89 | -11,11 | 123,46 |
| 9 | 0,6 | 18 | 225 | 8,341 | 570 | 253,33 | -6,67 | 44,44 |
| 10 | 0,6 | 18 | 225 | 8,34 | 580 | 257,78 | -2,22 | 4,94 |
| 11 | 0,6 | 18 | 225 | 8,342 | 560 | 248,89 | -11,11 | 123,46 |
| 12 | 0,6 | 18 | 225 | 8,352 | 570 | 253,33 | -6,67 | 44,44 |
| 13 | 0,6 | 18 | 225 | 8,415 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 14 | 0,6 | 18 | 225 | 8,518 | 630 | 280,00 | 20,00 | 400,00 |
| 15 | 0,6 | 18 | 225 | 8,481 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 16 | 0,6 | 18 | 225 | 8,314 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 17 | 0,6 | 18 | 225 | 8,378 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 18 | 0,6 | 18 | 225 | 8,218 | 560 | 248,89 | -11,11 | 123,46 |
| 19 | 0,6 | 18 | 225 | 8,338 | 570 | 253,33 | -6,67 | 44,44 |
| 20 | 0,6 | 18 | 225 | 8,512 | 550 | 244,44 | -15,56 | 241,98 |
| Rata-rata | | | | 8,390 | 585 | 260,00 | | 95,80 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

$$\text{Kontrol} : \bar{X} = 260 \text{ Kg/cm}^2 = 25,5 \text{ Mpa},$$

$$\Sigma(X - \bar{X})^2 = 1916,05 \text{ Kg/cm}^2 = 181,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Standar deviasi} : \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{181,9}{20-1}} = 3,14$$

$$\text{Nilai tambah} : M = k \cdot S = 1,64 \cdot (3,14 \cdot 1,08) = 5,56$$

$$\text{Kuat tekan rata-rata} : f'_{cr} = f'_c + M = 20 + 5,56 = 25,56 \text{ MPa}$$

Tabel 4.5 Data hasil uji tekan campuran tumbukan kaca 8%

| No. Sampel | Fas | Slump (Cm) | Luas Permukaan (Cm ²) | Berat Benda Uji(Kg) | P Max (KN) | Kuat Tekan (Kg/Cm ²) (x) | (x - \bar{x}) | (x - \bar{x}) ² |
|------------------|-----|------------|-----------------------------------|---------------------|------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,6 | 18 | 225 | 8,451 | 600 | 266,67 | -6,67 | 44,44 |
| 2 | 0,6 | 18 | 225 | 8,261 | 680 | 302,22 | 42,22 | 1782,72 |
| 3 | 0,6 | 18 | 225 | 8,555 | 650 | 288,89 | 28,89 | 834,57 |
| 4 | 0,6 | 18 | 225 | 8,345 | 660 | 293,33 | 33,33 | 1110,9 |
| 5 | 0,6 | 18 | 225 | 8,301 | 610 | 271,11 | 11,11 | 123,46 |
| 6 | 0,6 | 18 | 225 | 8,415 | 580 | 257,78 | -2,22 | 4,94 |
| 7 | 0,6 | 18 | 225 | 8,318 | 590 | 262,22 | 2,22 | 4,94 |
| 8 | 0,6 | 18 | 225 | 8,388 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 9 | 0,6 | 18 | 225 | 8,288 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 10 | 0,6 | 18 | 225 | 8,318 | 570 | 253,33 | -6,67 | 44,44 |
| 11 | 0,6 | 18 | 225 | 8,099 | 560 | 248,89 | -11,1 | 123,46 |
| 12 | 0,6 | 18 | 225 | 8,112 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 13 | 0,6 | 18 | 225 | 8,281 | 620 | 275,56 | 15,56 | 241,98 |
| 14 | 0,6 | 18 | 225 | 8,201 | 680 | 302,22 | 42,22 | 1782,72 |
| 15 | 0,6 | 18 | 225 | 8,128 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 16 | 0,6 | 18 | 225 | 8,288 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| 17 | 0,6 | 18 | 225 | 8,351 | 630 | 280,00 | 20,00 | 400,00 |
| 18 | 0,6 | 18 | 225 | 8,433 | 620 | 275,56 | 15,56 | 241,98 |
| 19 | 0,6 | 18 | 225 | 8,372 | 650 | 288,89 | 28,89 | 834,57 |
| 20 | 0,6 | 18 | 225 | 8,514 | 600 | 266,67 | 6,67 | 44,44 |
| Rata-rata | | | | 8,320 | 615 | 273,33 | | 392,10 |

Sumber : Hasil penelitian 2016

$$\text{Kontrol} : \bar{X} = 273,33 \text{ Kg/cm}^2 = 26,80 \text{ Mpa},$$

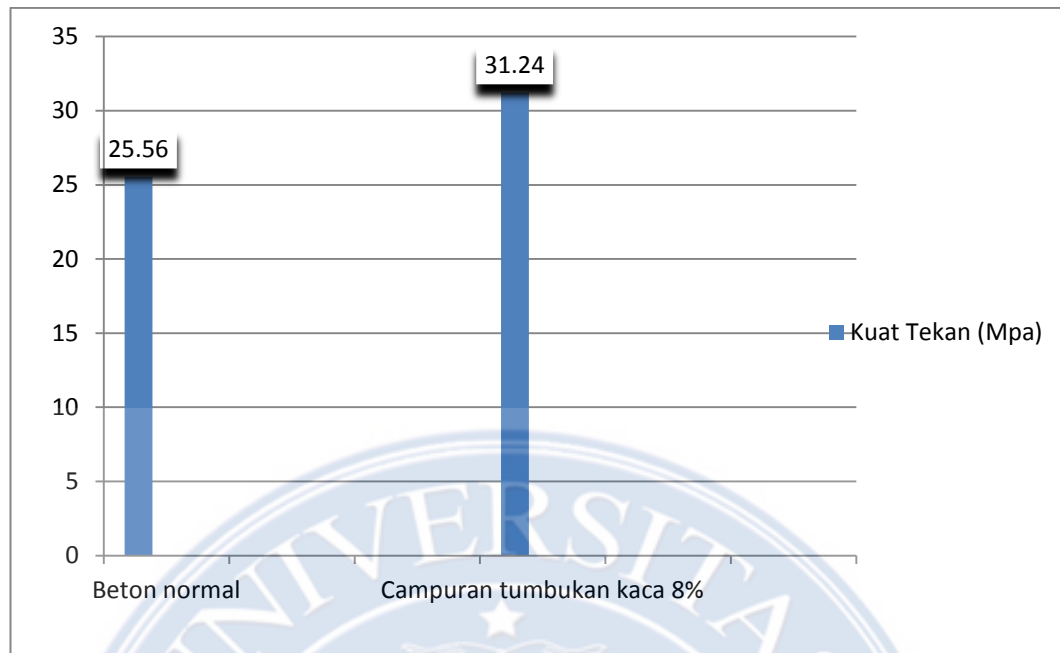
$$\Sigma(X - \bar{X})^2 = 7841,98 \text{ Kg/cm}^2 = 767 \text{ Mpa}$$

$$\text{Standar deviasi} : \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{767}{20-1}} = 6,35$$

$$\text{Nilai tambah} : M = k \cdot S_d = 1,64 \cdot (6,35 \cdot 1,08) = 11,24$$

$$\text{Kuat tekan rata-rata} : f'_{cr} = f'_c + M$$

$$= 20 + 11,24 = 31,24 \text{ MPa}$$



Gambar 4.2 : Perbandingan hasil kuat tekan beton rata-rata
 Sumber : Hasil penelitian 2016

Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh hubungan rata-rata dari beton normal dan beton campuran kaca 8%. Hasil dari kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 25,56 MPa dan kuat tekan rata-rata beton campuran kaca sebesar 31,24 MPa. Bahan-bahan material penyusun beton diperiksa dan dianalisa dengan baik sehingga perkiraan penetapan kuat tekan sedikit lebih besar dari yang direncanakan.

Pemakaian kaca dalam campuran beton sangat membantu untuk menaikkan kuat tekan beton, sehingga menjadi salah satu alternatif dari campuran-campuran penyusun beton. Penambahan kaca sebesar 8% dapat meningkatkan besar kuat tekan beton itu dikarenakan kandung silika (SiO_2) yang bertugas untuk mengisi pori-pori yang kosong dan dominan lebih kurang 80%. Tetapi adanya kandungan silika pada kaca mengakibatkan porositas dari beton diatas permukaan benda uji tetapi tidak terlalu mempengaruhi kekuatan tekan beton campuran kaca dari pada beton normal.

4.4. Hubungan Antara Porositas Terhadap Kuat Tekan Beton

Secara teoritik hubungan atau korelasi antara porositas terhadap kuat tekan beton yaitu semakin besar porositas pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya. Penelitian terhadap porositas lebih didasarkan dari segi keawetan dan kekuatan beton itu sendiri. Peningkatan persentase porositas memiliki keterkaitan terhadap penurunan kuat tekan maupun kuat tarik beton.

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume pori-pori (volum yang dapat ditempati oleh fluida) terhadap volume total beton. Ruang pori pada beton umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti: faktor air-semen yang berpengaruh pada lekatan antara pasta semen dengan agregat besar kecilnya nilai slump, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar mutu beton itu sendiri, sebaliknya semakin besar porositas beton, maka kekuatan beton akan semakin kecil.

Porositas beton adalah tingkatan yang menggambarkan kepadatan konstruksi beton. Porositas ini berhubungan erat dengan permeabilitas beton. Porositas merupakan persentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda (volume total beton). Ruang pori pada beton umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air semen yang berpengaruh pada lekatan antara pasta semen dengan agregat, besar kecilnya nilai slump, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar kuat tekan atau mutu beton, sebaliknya semakin besar porositas beton, maka kekuatan beton akan semakin kecil.

Salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Porositas juga dapat diakibatkan adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak maksimal. Porositas beton juga menggambarkan besar kecilnya kekuatan beton dalam menyangga suatu konstruksi. Semakin padat beton, maka kekuatannya juga akan semakin besar sehingga dapat menyangga konstruksi yang lebih berat. Sebaliknya semakin renggang beton, maka kekuatannya juga akan semakin lemah sehingga hanya bisa menyangga konstruksi yang ringan dan ketahannannya juga tidak terlalu lama.

Meningkatnya nilai porositas menunjukkan bahwa beton memiliki pori yang cukup besar akibat terjadinya penguapan air dan pemuai material pengisi beton. Hal ini merupakan salah satu penyebab turunya kualitas beton dalam memikul beban. Porositas memiliki hubungan yang sangat erat dengan kekedapan dan keawetan beton. Beton yang memiliki nilai porositas minimum akan lebih awet dibandingkan dengan beton yang memiliki nilai porositas tinggi, karena porositas yang minimum akan memperkecil kemungkinan beton terkontaminasi oleh lingkungan luarnya terutama oleh lingkungan yang agresif.

Gambar 4.3 :Porositas sampel beton campuran kaca
Sumber : Hasil Penelitian 2016

Pada penelitian ini dapat dilihat terjadinya porositas terhadap benda uji campuran kaca yang dimana kaca mengandung silika. Akibatnya beton akan retak-retak, bahkan menjadi rapuh. Tetapi, porositas yang ada pada penelitian tersebut tidak terlalu signifikan yang membuat benda uji retak melainkan porositas terjadi diatas permukaan benda uji.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton normal rata-rata adalah 260 kg/cm^2 . Sedangkan untuk beton dengan campuran tumbukan kaca 8% adalah $273,73 \text{ kg/cm}^2$.
2. Penambahan tumbukan kaca sebesar 8% diambil dari berat pasir sehingga untuk penambahan kacanya sebesar $62,841 \text{ Kg/m}^3$.
3. Kaca sebagai bahan tambah dapat menggantikan pasir 8% ternyata dapat menambah kekuatan tekan beton. Hal ini disebabkan oleh sifat silika (SiO_2) dari kaca yang bersifat untuk menutupi kekosongan pori-pori dalam campuran beton.
4. Perencanaan mix design K 250 dengan menggunakan bahan tambah kaca 8% dapat menaikkan mutu hampir K 275. Karena sifat senyawa yang ada didalam kaca (silika) sangat dominan.
5. Komposisi tumbukan kaca dapat dipertimbangkan sebagai campuran beton, karena kaca adalah limbah yang dapat diperbarui dan berguna sebagai pengganti dari pasir maupun semen.
6. Nilai slump beton normal lebih tinggi daripada nilai slump beton campuran kaca. Karena beton kaca memiliki senyawa SiO_2 yang bersifat mengikat campuran penyusun beton.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melihat hasil dan hambatan-hambatan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penambahan persen tumbukan kaca sebagai pengganti pasir lebih dari 8% sehingga kita dapat melakukan variasi persen tumbukan kaca dan mengetahui kuat tekan yang beragam.
2. Pada penelitian selanjutnya bisa mengganti kaca limbah toko kaca dengan botol kaca atau dengan kaca yang memiliki variasi yang beragam.
3. Beton dengan campuran tumbukan kaca sebaiknya dipergunakan sebagai beton ringan, disebabkan berat beton yang telah dicampur kaca lebih ringan dari beton normal.
4. Agar dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya,sebaiknya pencampuran tumbukan kaca dibuat dengan beberapa tingkatan variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 201, 1994, *Guide to Durable Concrete (ACI Manual of Concrete Practise) Part I*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- ACI Committee 211, 1993, *“Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)”*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- Alizar, *“ Teknologi Bahan Konstruksi”*, Penerbit Pusat Pengembangan UMB, Universitas Mercu Buana, 2009.
- Astanto Budi, Triono, *“Konstruksi Beton Bertulang”*, Penerbit KANISIUS, Surabaya, 2005.
- Departemen PU, 1989, *“Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F)”*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen PU, 1971, *“Peraturan Beton Bertulang Indonesia”*, Yayasan LPMB, Bandung.
- Habudin, dan Mayavani, C. 2006, *“Pengaruh Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton K-300”*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- ITS Press Surabaya. 2007. *“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)”*, Surabaya.
- Mindess.S dan Young. J. Francis, 1981, *“ Concrete”*, Prentice-Hall,.
- Murdock L.J, Brook K.M, 1986, *“Bahan dan Praktek Beton”*, Erlangga,.
- Nadhiroh Masruri, *“Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”* SNI 03-2834-2000, Puslitbang Teknologi Permukiman.
- Puja, A dan Rachmat, P. 2010, *“Pengendalian Mutu Beton sesuai SNI, ACI dan ASTM”*, ITS Press Surabaya.
- Mulyono Tri, *“ Teknologi Beton”*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2004.
- Setiawan, Budi, *“Pengaruh Penggunaan Agregat Kaca pada Beton Ditinjau dari Segi Kekuatan dan Shrinkage”*. Departemen Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya. Surabaya, 2006.

Yuliana Andriyani dan Nursyamsi, *“Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako”*, Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan, 2011.



DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Hal |
|--|------------|
| Lampiran 1 : Pemeriksaan Bahan | 70 |
| Lampiran 2 : Concrete Mix Design | 79 |
| Lampiran 3 : Data Pengujian | 84 |
| Lampiran 4 : Dokumentasi | 92 |

