

TUGAS AKHIR

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN
BAHAN TAMBAH LIMBAH GIPSUM
(Studi Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**ADE HASMUDI
1307210173**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ade Hasmudi

NPM : 1307210173

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum

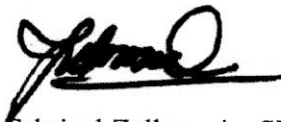
Bidang Ilmu : Struktur.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

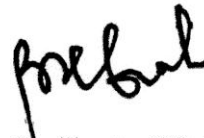
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Dosen Pembimbing II/Penguji



Bambang Hadibroto, ST, MSi, MT

Dosen Pembanding I / Penguji

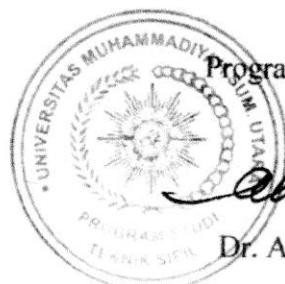


Ir. Ehyza Chairina, MSi

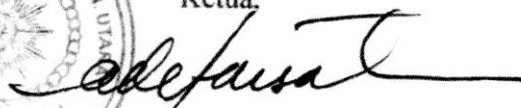
Dosen Pembanding II/Penguji



Dr. Ade Faisal, ST, MSc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua.



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ade Hasmudi

Tempat /Tanggal Lahir: Takengon / 12 Juli 1995

NPM : 1307210173

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

Saya yang menyatakan,


Ade Hasmudi

ABSTRAK

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH GIPSUM

Ade Hasmudi

1307210173

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Bambang Hadibroto, ST, MSi, MT

Perkembangan dibidang material beton ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Beton adalah suatu bahan bangunan yang tersusun dari campuran homogen antara semen, air dan agregat yang dibuat dengan perbandingan tertentu. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Untuk mengetahui pengaruh bahan *additive* terhadap kuat tekan beton maka dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan *additive* berupa limbah gipsum yang bersumber dari limbah hasil sisa konstruksi perumahan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dengan menggunakan metode ASTM C33 (1986) dan juga metode SNI 03-2834-1993. Setelah penelitian, diketahui beton normal didapat kuat tekan 36,00 MPa, beton dengan bahan *additive* limbah gipsum 14% didapat kuat tekan 39,33 MPa, beton dengan bahan *additive* limbah gipsum 17% didapat kuat tekan 41,67 MPa, dan beton dengan bahan *additive* limbah gipsum 20% didapat kuat tekan 43,33 MPa. Melihat hasil penelitian dapat diambil kesimpulan penggunaan bahan *additive* limbah gipsum yang berasal dari limbah hasil sisa konstruksi perumahan sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Beton dengan variasi bahan *additive* limbah gipsum 14%, 17% dan 20% terjadi kenaikan terhadap kuat tekan beton normal.

Kata kunci: Beton, *Additive*, Limbah Gipsum, Kuat Tekan Beton.

ABSTRACT

EXAMINATION OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH WITH ADDITIVE GYPSUM WASTE MATERIAL

Ade Hasmudi

1307210173

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

Bambang Hadibroto, ST, MSi, MT

Developments in the field of concrete material is progressing very rapidly. Concrete is a building material composed of a homogeneous mixture between the cement, water and aggregates are made with a certain ratio. The characteristics of the concrete is crushed press has high voltage and low voltage tensile destroyed. To determine the effect of additive materials for concrete compressive strength of the conducted research using additive materials in the from gypsum waste residual construction housing. This research was conducted at the Laboratory of Civil Engineering University of North Sumatra Muhammadiyah, using methods ASTM C33 (1986) and also methods SNI 03-2834-1993. After research, it is known normal concrete obtained 36,00 MPa compressive strength, concrete with 14% gypsum waste additive materials obtained 39,33 MPa compressive strength, concrete with 17% gypsum waste additive materials obtained 41,67 MPa compressive strength, and concrete with 20% gypsum waste additive materilas obtained 43,33 MPa compressive strength. Viewed from the above results, be concluded that the use of gypsum waste additive materials effect the compressive strength of concrete. Concrete with a variety of gypsum waste additive materials 14%, 17% and 20% an increase of compressive strength of normal concrete.

Keywords: Concrete, Additive, Waste Gypsum, Concrete Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, ST, MSi, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Ellyza Chairina, MSi selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Pelaksana Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi, ST, MSi selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Warsino dan Anifah yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Firmansyah Lubis, Rahmat Hidayat, Wahyuni, Sri Ulina Sidauruk, Tiara Prillolla, Pungky Gustary, Jubaidah Pasaribu dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Oktober 2017

Ade Hasmudi

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| <i>ABSTRACT</i> | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR NOTASI | xv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Batasan Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Pengertian Beton | 5 |
| 2.2. Semen | 6 |
| 2.3. Agregat | 7 |
| 2.3.1. Agregat Halus | 8 |
| 2.3.2. Agregat Kasar | 11 |
| 2.4. Air | 14 |
| 2.5. Limbah Gypsum | 16 |
| 2.6. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993 | 17 |
| 2.7. <i>Slump Test</i> | 26 |
| 2.8. Perawatan Beton | 27 |
| 2.9. Pengujian Kuat Tekan | 28 |

| | |
|--|----|
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 30 |
| 3.1. Umum | 30 |
| 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian | 32 |
| 3.3. Bahan dan Peralatan | 32 |
| 3.3.1. Bahan | 32 |
| 3.3.2. Peralatan | 32 |
| 3.4. Persiapan Penelitian | 33 |
| 3.5. Pemeriksaan Agregat | 33 |
| 3.6. Pemeriksaan Agregat Halus | 33 |
| 3.6.1. Kadar Air Agregat Halus (Pasir) | 34 |
| 3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus | 34 |
| 3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus | 35 |
| 3.6.4. Berat Isi Agregat Halus | 36 |
| 3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus | 37 |
| 3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah) | 39 |
| 3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar | 39 |
| 3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar | 40 |
| 3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar | 41 |
| 3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar | 42 |
| 3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar | 42 |
| 3.7.6. Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> | 45 |
| 3.8. Perencanaan Campuran Beton | 46 |
| 3.9. Pelaksanaan Penelitian | 46 |
| 3.9.1. <i>Trial Mix</i> | 46 |
| 3.9.2. Pembuatan Benda Uji | 46 |
| 3.9.3. Pengujian <i>Slump</i> | 46 |
| 3.9.4. Perawatan Beton | 47 |
| 3.9.5. Pengujian Kuat Tekan | 47 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 48 |
| 4.1. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) | 48 |
| 4.1.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i> | 56 |
| 4.2. Pembuatan Benda Uji | 61 |

| | |
|--|----|
| 4.3. <i>Slump Test</i> | 62 |
| 4.4. Kuat Tekan Beton | 63 |
| 4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal | 64 |
| 4.4.2. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum 14% | 64 |
| 4.4.3. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum 17% | 65 |
| 4.4.4. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum 20% | 66 |
| 4.5. Pembahasan | 68 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 74 |
| 5.1. Kesimpulan | 74 |
| 5.2. Saran | 75 |
| DAFTAR PUSTAKA | 76 |
| LAMPIRAN | |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Komposisi bahan pembentuk beton | 6 |
| Tabel 2.2 | Jenis semen <i>portland</i> di Indonesia sesuai SII 0013-81 | 7 |
| Tabel 2.3 | Batas gradasi agregat halus | 8 |
| Tabel 2.4 | Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar | 12 |
| Tabel 2.5 | Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan | 15 |
| Tabel 2.6 | Komposisi oksida dari gipsum | 16 |
| Tabel 2.7 | Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 | 17 |
| Tabel 2.8 | Tingkat mutu pekerjaan pembetonan | 17 |
| Tabel 2.9 | Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton | 18 |
| Tabel 2.10 | Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus | 20 |
| Tabel 2.11 | Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat | 20 |
| Tabel 2.12 | Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air | 22 |
| Tabel 2.13 | Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan | 28 |
| Tabel 2.14 | Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur | 29 |
| Tabel 3.1 | Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus | 34 |
| Tabel 3.2 | Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus | 34 |
| Tabel 3.3 | Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus | 35 |
| Tabel 3.4 | Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus | 36 |
| Tabel 3.5 | Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus | 37 |
| Tabel 3.6 | Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar | 40 |
| Tabel 3.7 | Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar | 40 |
| Tabel 3.8 | Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar | 41 |

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 3.9 | Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar | 42 |
| Tabel 3.10 | Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar | 43 |
| Tabel 3.11 | Data-data dari hasil pengujian keausan agregat | 45 |
| Tabel 4.1 | Perencanaan campuran beton | 49 |
| Tabel 4.2 | Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji | 51 |
| Tabel 4.3 | Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji | 52 |
| Tabel 4.4 | Banyak limbah gipsum yang tertahan saringan No.100 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji | 53 |
| Tabel 4.5 | Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji | 55 |
| Tabel 4.6 | Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji | 55 |
| Tabel 4.7 | Jumlah kadar air bebas yang ditentukan | 58 |
| Tabel 4.8 | Hasil pengujian nilai <i>slump</i> | 63 |
| Tabel 4.9 | Hasil pengujian kuat tekan beton normal | 64 |
| Tabel 4.10 | Hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 14% | 65 |
| Tabel 4.11 | Hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 17% | 65 |
| Tabel 4.12 | Hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 20% | 66 |
| Tabel 4.13 | Selisih pada persentase kenaikan nilai kuat tekan beton | 71 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Daerah gradasi pasir kasar | 9 |
| Gambar 2.2 | Daerah gradasi pasir sedang | 9 |
| Gambar 2.3 | Daerah gradasi pasir agak halus | 10 |
| Gambar 2.4 | Daerah gradasi pasir halus | 10 |
| Gambar 2.5 | Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm | 12 |
| Gambar 2.6 | Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm | 15 |
| Gambar 2.7 | Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm | 15 |
| Gambar 2.8 | Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton | 19 |
| Gambar 2.9 | Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm | 23 |
| Gambar 2.10 | Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm | 23 |
| Gambar 2.11 | Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm | 24 |
| Gambar 2.12 | Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton | 25 |
| Gambar 3.1 | Bagan metodologi penelitian | 31 |
| Gambar 3.2 | Grafik gradasi agregat halus | 39 |
| Gambar 3.3 | Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm | 44 |
| Gambar 4.1 | Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton | 57 |
| Gambar 4.2 | Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm | 59 |
| Gambar 4.3 | Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton | 60 |
| Gambar 4.4 | Beban tekan pada benda uji kubus | 63 |
| Gambar 4.5 | Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari | 67 |
| Gambar 4.6 | Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari | 67 |
| Gambar 4.7 | Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari, dan 28 hari | 68 |
| Gambar 4.8 | Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari | 69 |
| Gambar 4.9 | Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari | 70 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.10 | Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari, dan 28 hari | 70 |
| Gambar 4.11 | Grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari | 71 |
| Gambar 4.12 | Grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari | 72 |
| Gambar 4.13 | Perbandingan grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 14, hari dan 28 hari | 72 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|-------------------------------|--|-----------------------|
| A | = Luas penampang | (cm ²) |
| B _j | = Berat jenis | (gr/mm ³) |
| B _{jh} | = Berat jenis agregat halus | (gr/mm ³) |
| B _{j_{camp}} | = Berat jenis agregat campuran | (gr/mm ³) |
| FM | = Modulus kehalusan | - |
| f _c | = Kuat tekan | (MPa) |
| n | = Jumlah benda uji | (Buah) |
| P | = Beban tekan | (kg) |
| t | = Tinggi benda uji | (cm) |
| V | = Volume | (cm ³) |
| W | = Berat | (kg) |
| Kh | = Persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran | (%) |
| C _a | = Absorpsi air pada agregat halus | (%) |
| C _k | = Kadar air pada agregat halus | (%) |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir dan koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan (Winter dan Nilson, 1993).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo, 1996).

Perancangan campuran beton perlu dilakukan untuk menentukan perbandingan campuran bahan guna mendapatkan beton dengan sifat yang diperlukan dan paling murah. Sifat yang diminta tergantung pada pembangunan beton.

Sifat-sifat yang dapat diatur oleh perbandingan campuran adalah kekuatan, ketahanan kedap air dan kemampuan pengerjaan. Ada dua cara dalam menghitung perbandingan campuran yang diperlukan. Pertama, tentukan perbandingan campuran kira-kira dengan mempergunakan teori perbandingan air-semen, kemudian campuran diuji. Kedua, buat campuran beton secara empiris menggunakan tabel campuran atau perkiraan berdasarkan rongga cacat dalam agregat.

Penggunaan bahan penambah (*additive*) pada beton telah banyak dilakukan guna mendapatkan beton yang lebih bermutu. Pada dasarnya bahan tambah beton

terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah, memiliki keawetan seperti salah satunya yaitu gipsum.

Gipsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gipsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam dunia perdagangan biasanya gipsum mengandung 90% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Habson, 1987).

Menurut Sanusi (1986) gipsum adalah suatu senyawa kimia yang mengandung dua molekul hablur dan dikenal dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Berdasarkan kutipan hasil penelitian Suwarno (2014), melakukan penelitian dengan menggunakan limbah gipsum yang ditambahkan kedalam campuran bata beton sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. Dimana sebelumnya sudah dilakukan pemeriksaan pada gipsum untuk mengetahui kandungan kimia yang terkandung dalam gipsum dan untuk menentukan jenis klasifikasi gipsum. Dari hasil pengujian, didapatkan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,47\%$, dan kadar $\text{CaO} = 52,39\%$ pada gipsum. Dari kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 < 70\%$ dan kadar $\text{CaO} > 10\%$ sehingga dapat dikategorikan dalam *pozzolan* kelas C karena memiliki kadar $\text{CaO} > 10\%$ (*Canadian Standard CSA A-23.5*). Dari hasil pengujian didapat kuat tekan yang paling tinggi berdasarkan presentase penambahan limbah gipsum yakni pada penambahan 10% dari total semen dengan kuat tekan 4,73 MPa. Hasil dari pengujian tersebut menjadi gagasan awal untuk melakukan penelitian ini dan juga berpedoman pada pemikiran bahwa sebagian unsur-unsur kimia yang ada pada gipsum sama persis dengan unsur-unsur kimia yang ada pada semen.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk menghasilkan konstruksi beton yang baik diperlukan komposisi campuran beton yang baik, demikian pula dalam melaksanakan pekerjaan beton diperlukan ketelitian dan keahlian, sehingga hasilnya bisa menjadi pedoman yang benar. Untuk itu ada beberapa permasalahan di dalam perencanaan dan pengujian sebagai berikut:

1. Apakah penambahan limbah gipsum dapat mempengaruhi kualitas beton?

2. Bagaimana hasil pengujian dengan penambahan limbah gipsum pada masing-masing variasi?
3. Apakah akan terjadi kenaikan atau penurunan kuat tekan beton normal dengan beton yang ditambah limbah gipsum?

1.3. Batasan Masalah

Sehubungan dengan luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu yang ada, maka penulis membatasi permasalahan yang ada. Permasalahan yang akan penulis bahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan terhadap beton pada tugas akhir ini hanyalah menguji kuat tekannya. Kuat tekan beton normal dan beton yang diberi limbah gipsum sebagai bahan tambah dan membandingkan hasilnya.
2. Presentase penggunaan limbah gipsum sebagai bahan tambah sebanyak 14%, 17% dan 20%.
3. Standarisasi perencanaan campuran adukan beton dalam tugas akhir ini menggunakan metode ASTM C33 (1986) dan SNI 03-2834-1993.
4. Pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 14 hari dan 28 hari.
5. Penelitian ini menggunakan cetakan kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah gipsum terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui dan membandingkan hasil pengujian kuat tekan pada beton normal dan beton dengan bahan tambah limbah gipsum pada variasi 14%, 17% dan 20% setelah perendaman 14 dan 28 hari.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Secara akademis sebagai ilmu pengetahuan dan proses belajar untuk bahan masukan serta pertimbangan dalam melakukan kajian ilmiah tentang pengaruh penambahan limbah gipsum pada kuat tekan beton.

2. Secara teoritis meningkatkan pemahaman dalam menganalisa data untuk mengetahui kuat tekan beton dari hasil yang dikaji secara umum.
3. Secara praktis dapat mengetahui seberapa kuat pengaruh penambahan limbah gipsum untuk beton.
4. Dan apabila penelitian berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan tugas akhir dengan judul “Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gipsum” ini tersusun dari 5 bab dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah pencampuran semen *portland*, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut apabila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya.

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 1995).

Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. Derajat kepadatan harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan cara pemadatan dan jenis konstruksi, agar terhindar dari kebutuhan akan pekerjaan yang berlebihan dalam mencapai kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1991).

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar atau kerikil dan agregat halus atau pasir. Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton.

Karakteristik dan kekuatan beton dapat diperkirakan dan ditentukan dari desain atau perencanaan campuran, material penyusun, serta kontrol kualitasnya

secara umum, komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Komposisi bahan pembentuk beton (Murdock dan Brook, 1991).

| Nama Bahan | Jumlah (%) |
|-------------------------|------------|
| Agregat kasar dan halus | 60 – 80 |
| Semen | 7 – 15 |
| Air | 14 – 21 |
| Udara | 1 – 8 |

2.2. Semen

Empat unsur yang paling penting dalam semen adalah:

1. *Trikalsium silikat* (C_3S) atau $3CaO.SiO_3$
2. *Dikalsium silikat* (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. *Trikalsium aluminat* (C_3A) atau $3CaO. Al_2O_3$
4. *Tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O$

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga di antara butiran agregat.

Semen *portland* merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker, yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina dan oksid besi, dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila di campur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif, sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodimulyo, 1995).

Jenis-jenis semen *portland* yang sering digunakan dalam konstruksi serta penggunaannya dicantumkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Jenis semen *portland* di Indonesia sesuai SII 0013-81 (Tjokrodinuljo, 1995).

| Jenis semen | Syarat kegunaan |
|-------------|---|
| Jenis I | Semen <i>portland</i> untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti disyaratkan pada jenis-jenis lain. |
| Jenis II | Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. |
| Jenis III | Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi. |
| Jenis IV | Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah. |
| Jenis V | Semen <i>portland</i> yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. |

Jika semen *portland* dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawanya. Banyaknya kapur yang dilepas ini sekitar 20% dari berat semen. Kondisi terburuknya adalah terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini dapat dicegah dengan suatu mineral silika seperti pozolan. Mineral yang ditambahkan ini bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan padat yang kuat yaitu kalsium silikat (Nawy, 1990).

Pozolan adalah bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (SNI 15-0302-2004).

Fungsi pozolan yaitu memberikan panas hidrasi yang rendah, dan meningkatkan ketahanan terhadap sulfat. Panas hidrasi rendah berarti *hardening* atau pengerasan lambat. Dengan perlambatan pengerasan beton, maka bahan tambah berbasis gipsium dan semen akan memberikan ikatan (*bond*) yang lebih kuat, sehingga beton lebih padat (kompak), sehingga kinerja kuat tekan beton lebih tinggi.

2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 60% - 80%

dari volume mortar dan beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

Agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan (SNI T-15-1990-03).

Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

2.3.1. Agregat Halus

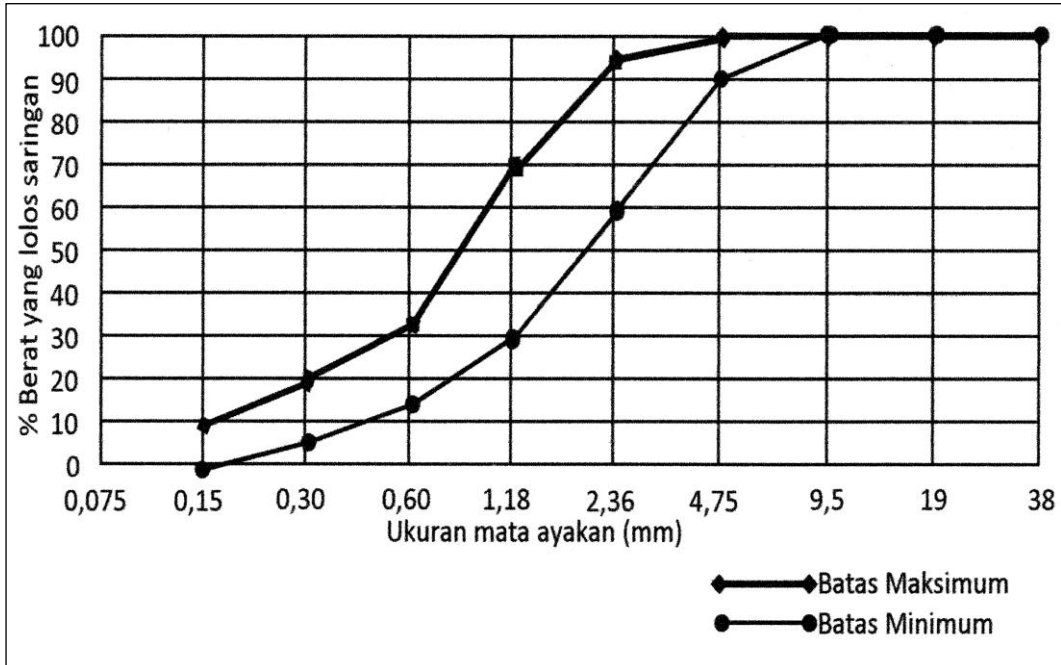
Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk beton bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat.

Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.3. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

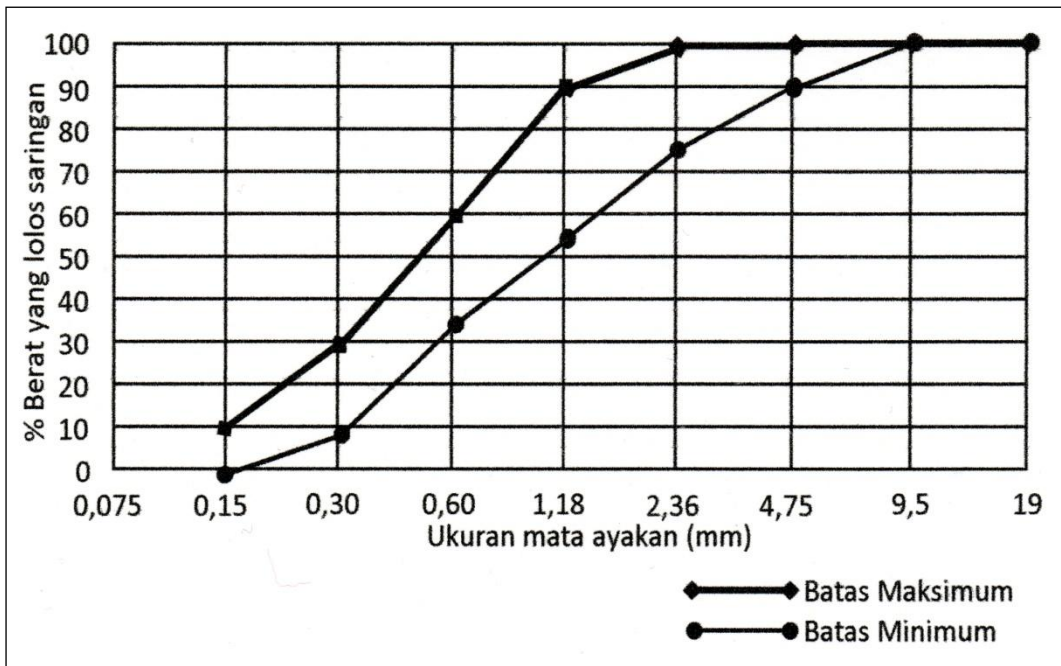
Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

| Ukuran mata ayakan (mm) | No | Persen berat butir yang lewat ayakan | | | |
|-------------------------|--------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | | I | II | III | IV |
| 10 | 3/8 in | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,8 | No.4 | 90 - 100 | 90 - 100 | 90 - 100 | 95 - 100 |
| 2,4 | No.8 | 60 - 95 | 75 - 100 | 85 - 100 | 95 - 100 |
| 1,2 | No.16 | 30 - 70 | 55 - 90 | 75 - 100 | 90 - 100 |
| 0,6 | No.30 | 15 - 34 | 35 - 59 | 60 - 79 | 80 - 100 |
| 0,3 | No.50 | 5 - 20 | 8 - 30 | 12 - 40 | 15 - 50 |
| 0,25 | No.100 | 0 - 10 | 0 - 10 | 0 - 10 | 0 - 15 |

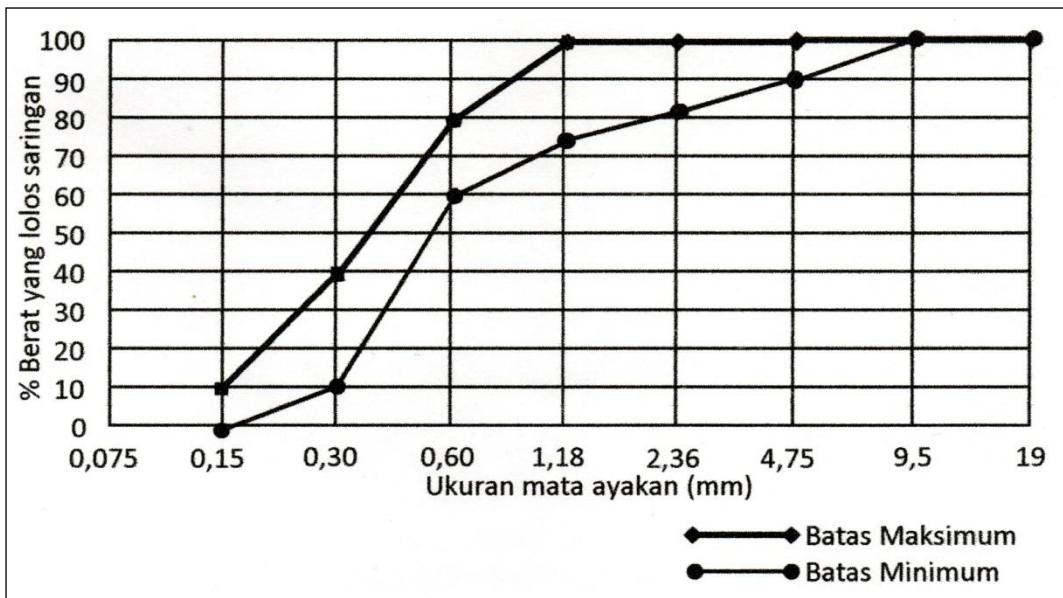
- Keterangan:
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
 - Daerah gradasi II = Pasir sedang
 - Daerah gradasi III = Pasir agak halus
 - Daerah gradasi IV = Pasir halus



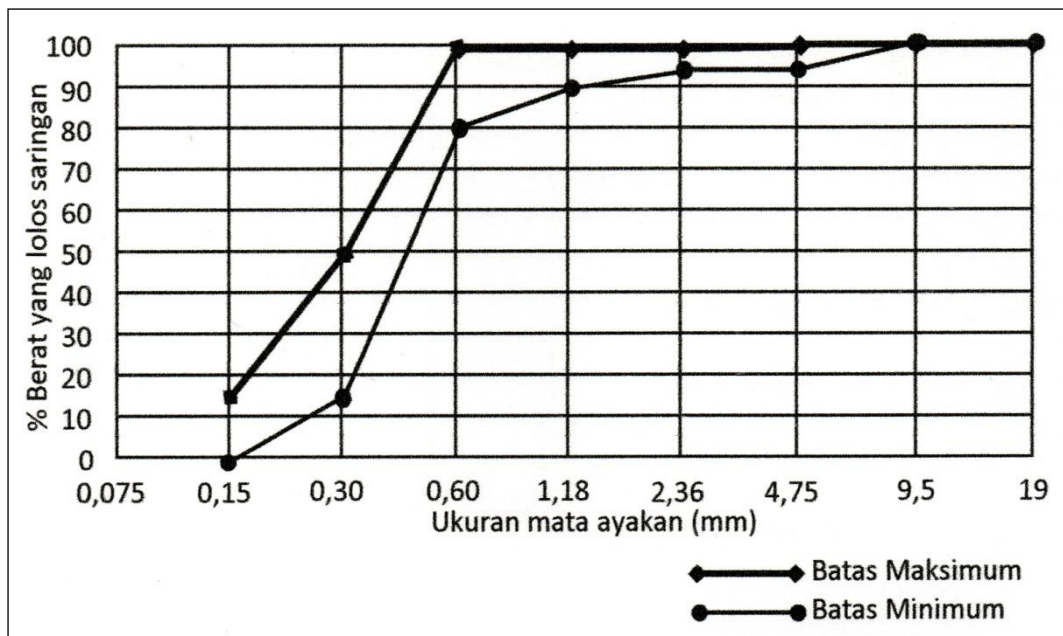
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834-1993).

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standard menurut ASTM C33 (1986), agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).

4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm - 40 mm (SNI 03-2834-1993). Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahanya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Sifat-sifat bahan bangunan sangat perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, kita dapat menentukan langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (*hardness*), bentuk dan tekstur permukaan (*shape and texture surface*), berat jenis agregat (*specific gravity*), ikatan agregat kasar (*bonding*), modulus halus butir (*finer modulus*), dan gradasi agregat (*grading*).

Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

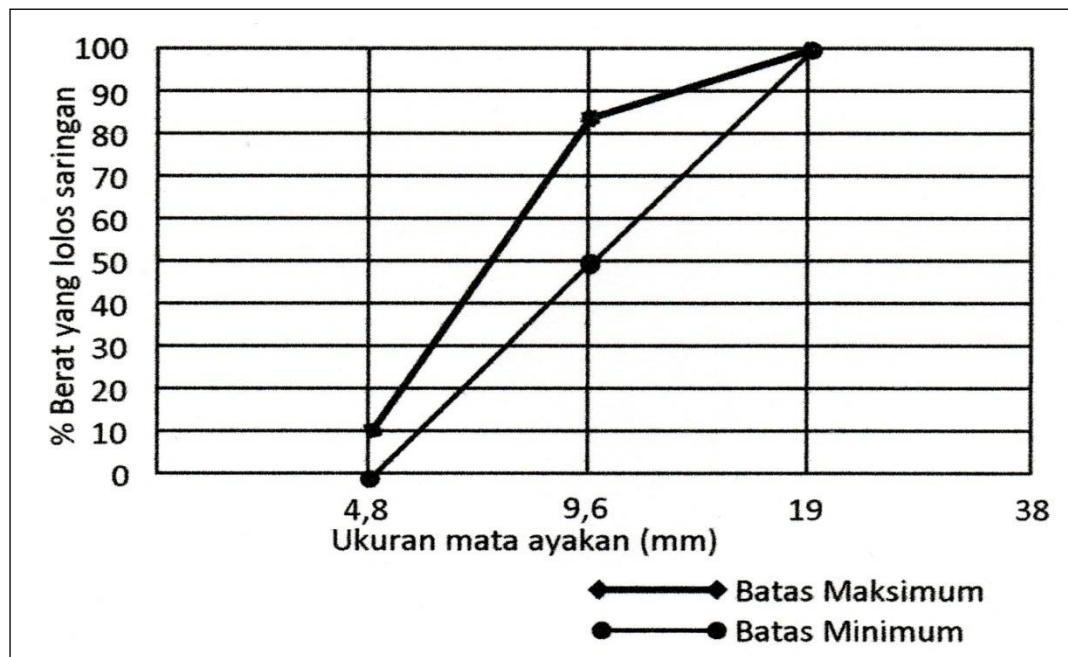
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

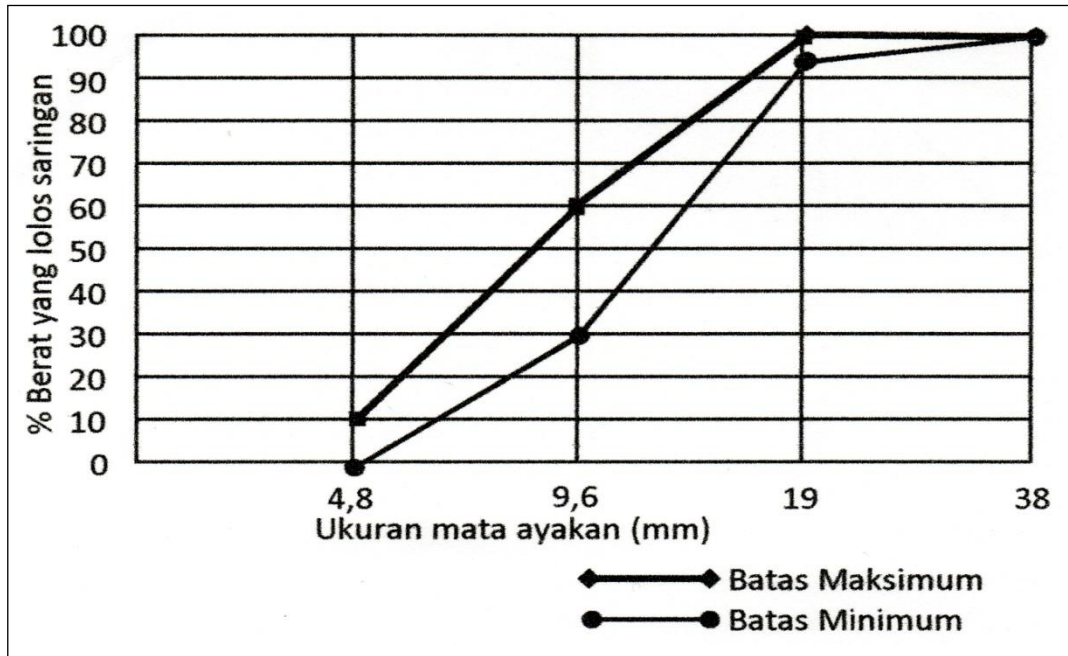
Agregat kasar yang digunakan pada campuran harus memenuhi persyaratan-persyaratan pada Tabel 2.4. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.5 sampai dengan Gambar 2.7 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.4: persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (SNI 03-2834-1993).

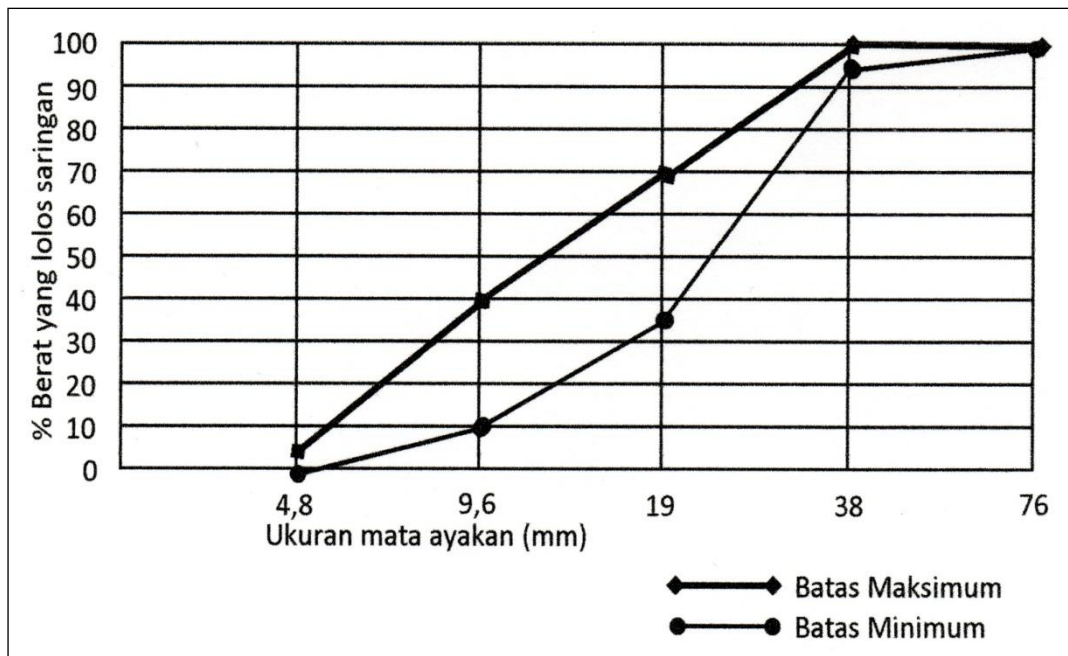
| Ukuran mata ayakan (mm) | Persentase berat bagian yang lewat ayakan | | |
|-------------------------|---|-------------|------------|
| | Ukuran nominal agregat (mm) | | |
| | 38 - 4.76 | 19.0 - 4.76 | 9.6 - 4.76 |
| 38.1 | 95 - 100 | 100 | |
| 19.0 | 37 - 70 | 95 - 100 | 100 |
| 9.52 | 10 - 40 | 30 - 60 | 50 - 85 |
| 4.76 | 0 - 5 | 0 - 10 | 0 - 10 |



Gambar 2.5: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.6: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.7: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.

3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.
7. Keausan agregat.

2.4. Air

Air juga tidak kalah penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton maka akan menurunkan kekuatan beton dan juga dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam Faktor Air Semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut.

Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat *additive*, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air-semen.

Menurut SNI 03-2874-2002, proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton dan tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam Aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion Klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm).

Berikut adalah Tabel 2.5 yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan:

Tabel 2.5: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

| Kandungan Unsur kimia | Konsentrasi (Maksimum) |
|--|------------------------|
| Chloride | |
| a. Beton prategang | 500 ppm |
| b. Beton bertulang | 1000 ppm |
| Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ k}_2\text{O}$) | 600 ppm |
| Sulfat (SO_4) | 1000 ppm |
| Total solid | 50000 ppm |

2.5. Limbah Gypsum

Limbah adalah suatu zat atau bahan buangan dari suatu proses produksi, baik industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki, menurunkan kualitas lingkungan serta tidak mempunyai nilai ekonomi. Salah satu dari banyak jenis limbah padat yang ada adalah limbah berbahan baku gipsum. Gipsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gipsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam dunia perdagangan biasanya gipsum mengandung $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Habson, 1987)

Gipsum mentah juga digunakan untuk campuran *portland* semen. Warna sebenarnya adalah putih, tetapi mungkin saja diwarnai kelabu, warna coklat, atau merah. Berat jenisnya adalah 2.28 - 2.33 dan kekerasan Mohs 1,5 - 2. Gipsum menjadi kering ketika dipanaskan sekitar 374°F (190°C), membentuk *hemihydrate* $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, yang merupakan dasar dari kebanyakan plester gipsum.

Dari hasil pengujian Suwarno (2014), didapatkan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,47\%$, dan kadar $\text{CaO} = 52,39\%$ pada gipsum. Dari kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 < 70\%$, dan kadar $\text{CaO} > 10\%$ sehingga dapat dikategorikan dalam *pozzolan* kelas C karena memiliki kadar $\text{CaO} > 10\%$ (*Canadian Standard CSA A-23.5*).

Salah satu solusi menanggulangi jumlah limbah gipsum adalah dengan proses pemanfaatan kembali limbah gipsum. Limbah gipsum memiliki potensi untuk kembali digunakan menjadi berbagai produk dan salah satunya dimanfaatkan untuk beton. Secara umum limbah gipsum memiliki sifat yang tahan terhadap abrasi, tahan panas, dan serangan kimia hal ini disebabkan oleh kadungan silika yang cukup tinggi. Sehingga gipsum juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuat beton. Komposisi oksida gipsum tertera pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Komposisi oksida dari gipsum (Suwarno, 2014).

| Oksida | Komposisi (%) |
|-------------------------|---------------|
| SiO_2 | 2,4 |
| Fe_2O_3 | 0,07 |
| CaO | 52,39 |

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

| Oksida | Komposisi (%) |
|--------------------------------|---------------|
| P ₂ O ₅ | 0,85 |
| SO ₃ | 43,59 |
| TiO ₂ | 0,08 |
| CuO | 0,03 |
| SrO | 0,45 |
| Yb ₂ O ₃ | 0,14 |

2.6. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji 30 atau lebih dapat dilihat pada Tabel 2.7. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.7: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-1993).

| Jumlah Pengujian | Faktor Pengali Deviasi Standar |
|------------------|--------------------------------|
| Kurang dari 15 | $f'c + 12 \text{ Mpa}$ |
| 15 | 1,16 |
| 20 | 1,08 |
| 25 | 1,03 |
| 30 atau lebih | 1,00 |

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

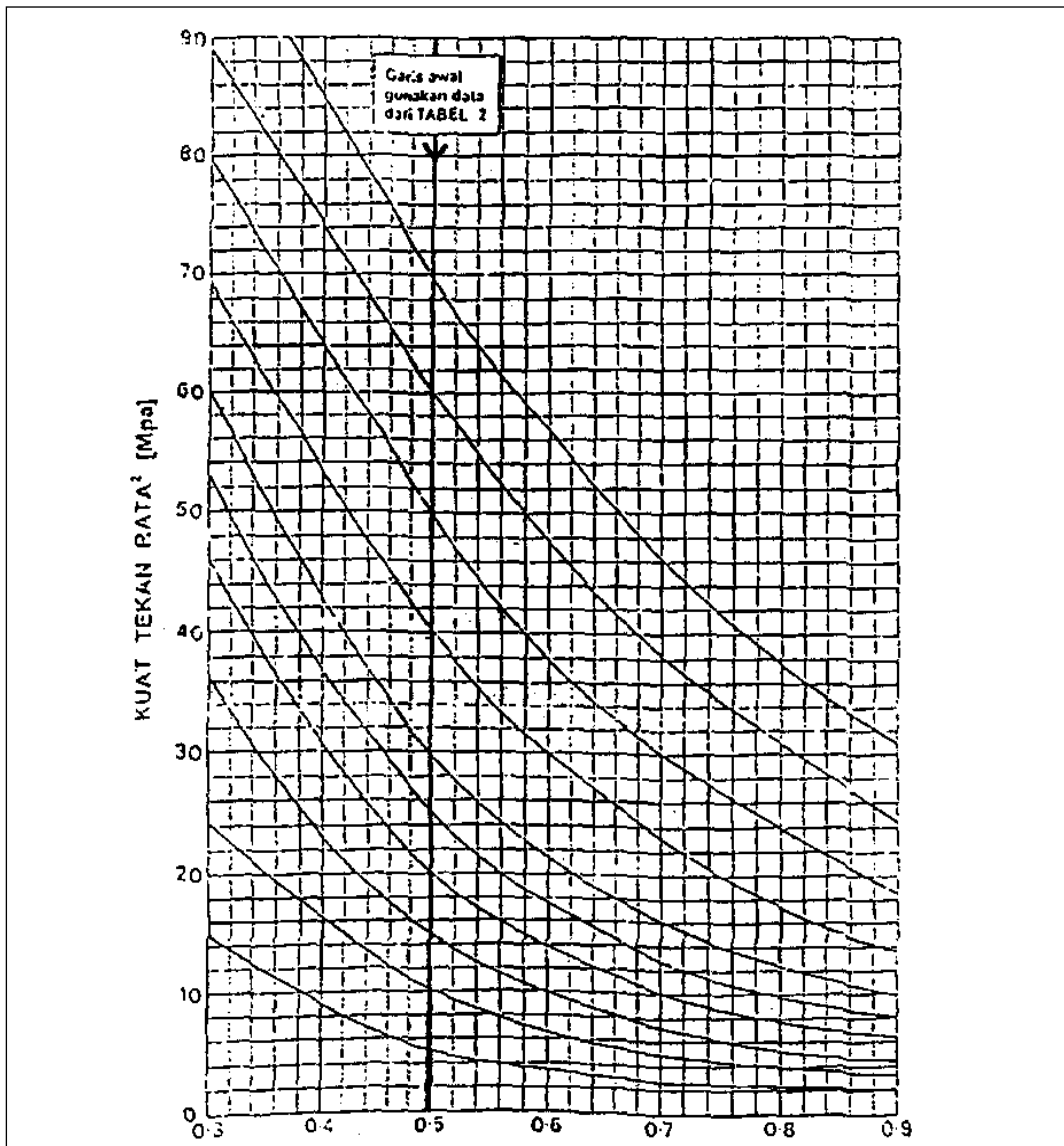
| Tingkat mutu pekerjaan | S (MPa) |
|------------------------|---------|
| Memuaskan | 2,8 |
| Hampir Memuaskan | 3,5 |
| Sangat Baik | 4,2 |
| Baik | 5,7 |
| Sedang | 6,5 |
| Kurang | 7,0 |

4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}
 Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.1)$$
 dengan:
 f'_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu (MPa)
 f'_c = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)
 m = nilai tambah (MPa)
5. Penetapan jenis semen *Portland*
 Pada cara ini dipilih semen tipe I.
6. Penetapan jenis agregat
 Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:
 Nilai faktor air semen bebas dapat diperoleh dari Gambar 2.8.
8. Faktor air semen maksimum.
9. Penetapan nilai *slump*
 Penetapan nilai *slump* ditentukan, berupa 0 – 10 mm, 10 – 30 mm, 30 – 60 mm, atau 60 – 180 mm.
10. Penetapan besar butir agregat maksimum
 Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.
11. Jumlah kadar air bebas
 Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2.9: Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 1993).

| Ukuran besar butir agregat maksimum (mm) | Jenis agregat | Slump (mm) | | | |
|--|------------------|------------|---------|---------|----------|
| | | 0 - 10 | 10 - 30 | 30 - 60 | 60 - 180 |
| 10 | Batu tak dipecah | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Batu tak dipecah | 137 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Batu tak dipecah | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |



Gambar 2.8: Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan kubus beton (benda uji bentuk kubus 150 x 150 x 150 mm) (SNI 03-2834-1993).

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.2)$$

W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan:

$$W_{smn} = 1/FAS * W \text{ air} \quad (2.3)$$

FAS = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.10, Tabel 2.11, dan Tabel 2.12. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.10: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-1993).

| Lokasi | Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg) | Nilai Faktor Air-Semen Maksimum |
|---|--|---------------------------------|
| Beton di dalam ruang bangunan: | | |
| a. Keadaan keliling non-korosif | 275 | 0,60 |
| b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif | 325 | 0,52 |
| Beton di luar ruangan bangunan: | | |
| a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0,60 |
| b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 275 | 0,60 |
| Beton masuk ke dalam tanah: | | |
| a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti | 325 | 0,55 |
| b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | | Lihat Tabel 2.11 |
| Beton yang kontinyu berhubungan: | | |
| a. Air tawar | | Lihat Tabel 2.12 |
| b. Air laut | | Lihat Tabel 2.12 |

Tabel 2.11: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat (SNI 03-2834-1993).

| Kadar sulfat | Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂ | | | Tipe Semen | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³) | | | F.A.S |
|--------------|--|-----------------|---------------------------|---|--|-----|-----|-------|
| | Dalam Tanah | | SO ₃ dalam air | | mm | mm | mm | |
| 1. | Kurang dari 0,2 | Kurang dari 1,0 | Kurang dari 0,3 | Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 - 40%) | 80 | 300 | 350 | 0,5 |

Tabel 2.11: *Lanjutan.*

| Kadar sulfat | Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂ | | | Tipe Semen | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³) | | | F.A.S |
|--------------|--|----------------|---------------------------|--|--|-----|-----|-------|
| | Dalam Tanah | | SO ₃ dalam air | | mm | mm | mm | |
| 2. | 0,2 - 0,5 | 1,0 - 0,9 | 0,3 - 1,2 | Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 - 40%) | 290 | 330 | 350 | 0,5 |
| | | | | Tipe I Pozolan (15 - 40%) atau Semen <i>Portland</i> Pozolan | 270 | 310 | 360 | 0,55 |
| | | | | Tipe II atau Tipe V | 250 | 290 | 340 | 0,55 |
| 3. | 0,5 - 1 | 1,9 - 3,1 | 1,2 - 2,5 | Tipe I Pozolan (15 - 40%) atau Semen <i>Portland</i> Pozolan | 340 | 380 | 430 | 0,45 |
| | | | | Tipe II atau Tipe V | 290 | 330 | 380 | 0,50 |
| 4. | 1,0 - 2,0 | 3,1 - 5,6 | 2,5 - 5,0 | Tipe II atau Tipe V | 330 | 370 | 420 | 0,45 |
| 5. | Lebih dari 2,0 | Lebih dari 5,6 | Lebih dari 5,0 | Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung | 330 | 370 | 420 | 0,45 |

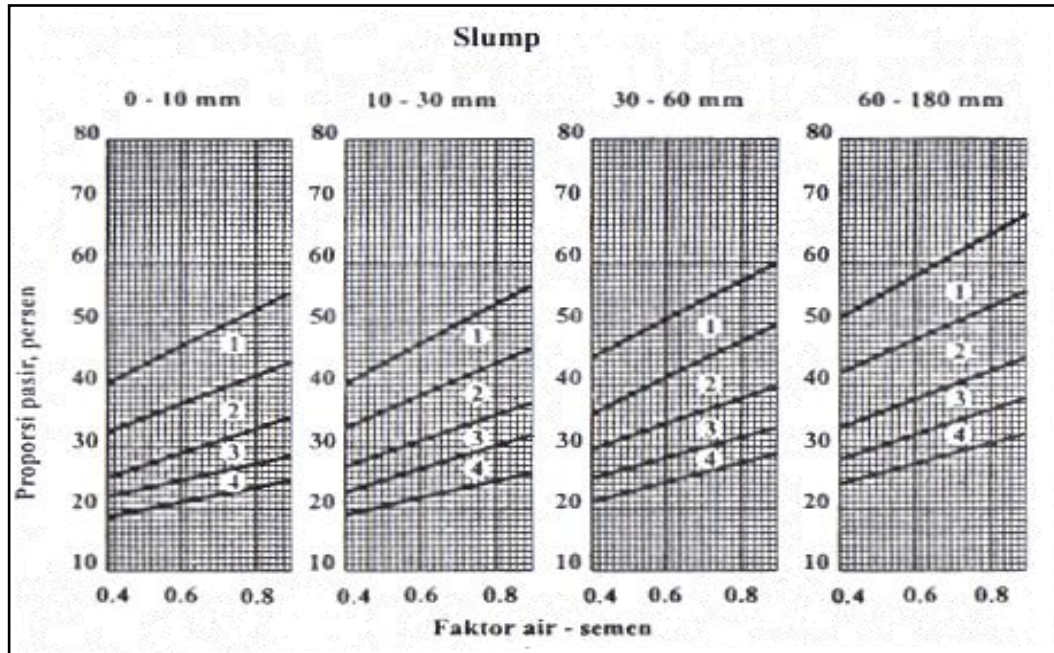
Tabel 2.12: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air (SNI 03-2834-1993).

| Jenis beton | Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan | Faktor air maks. | Tipe semen | Kandungan semen minimum (kg/m ³) | |
|---------------------------|--|------------------|--|--|-------|
| | | | | Ukuran nominal maksimum agregat | |
| | | | | 40 mm | 20 mm |
| Bertulang atau Pra tegang | Air tawar | 0,50 | Tipe-V | 280 | 300 |
| | Air payau | 0,45 | Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen <i>Portland</i> Pozolan | 340 | 380 |
| | Air laut | 0,50 | Tipe II atau Tipe V | | |

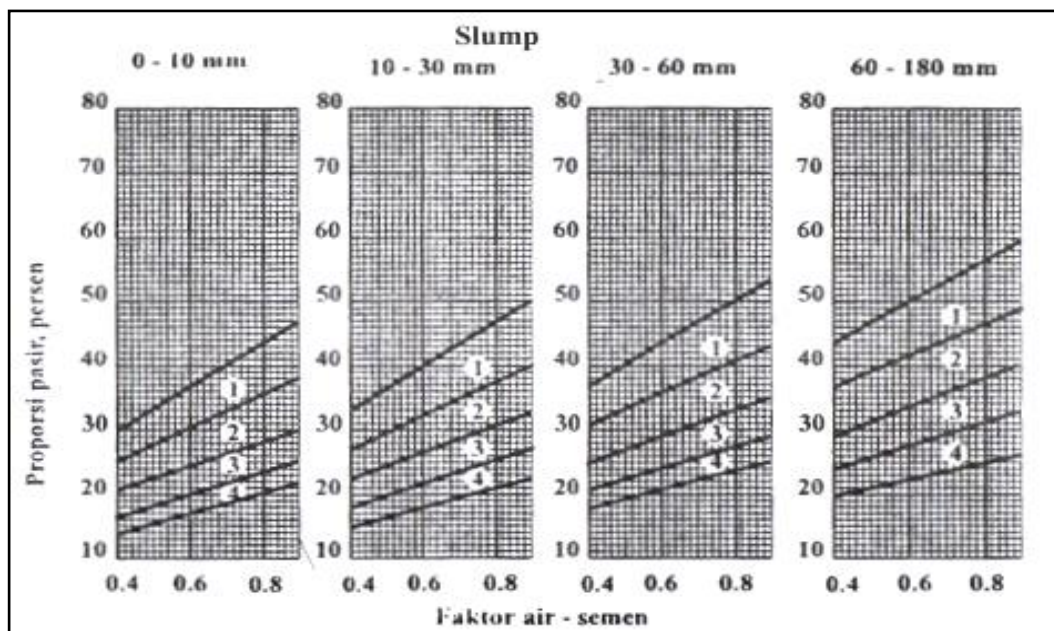
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1) , agak kasar (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3), dan pasir halus (Gambar 2.4).
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Tabel 2.4.
18. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran.

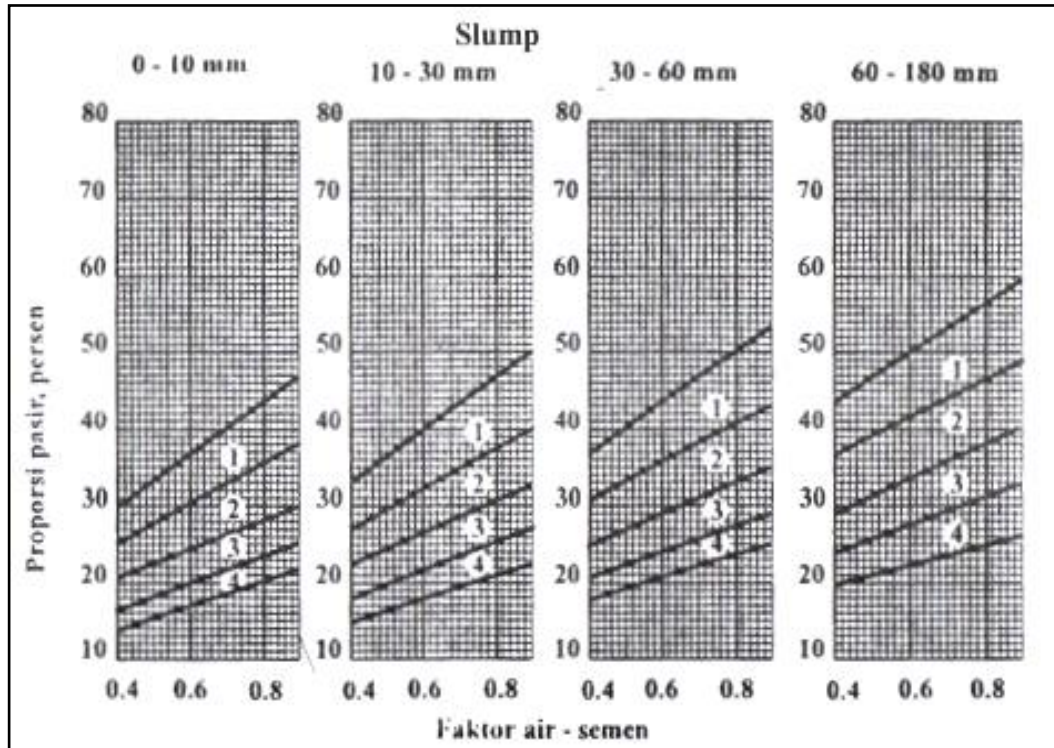
Persentase agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan daerah susunan butir dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.9, Gambar 2.10, dan Gambar 2.11.



Gambar 2.9: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.10: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \quad (2.4)$$

Dimana:

$B_{j \text{ camp}}$ = Berat jenis agregat campuran

B_{jh} = Berat jenis agregat halus

B_{jk} = Berat jenis agregat kasar

K_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

K_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

20. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.12.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btm} - W_{air} - W_{snn} \quad (2.5)$$

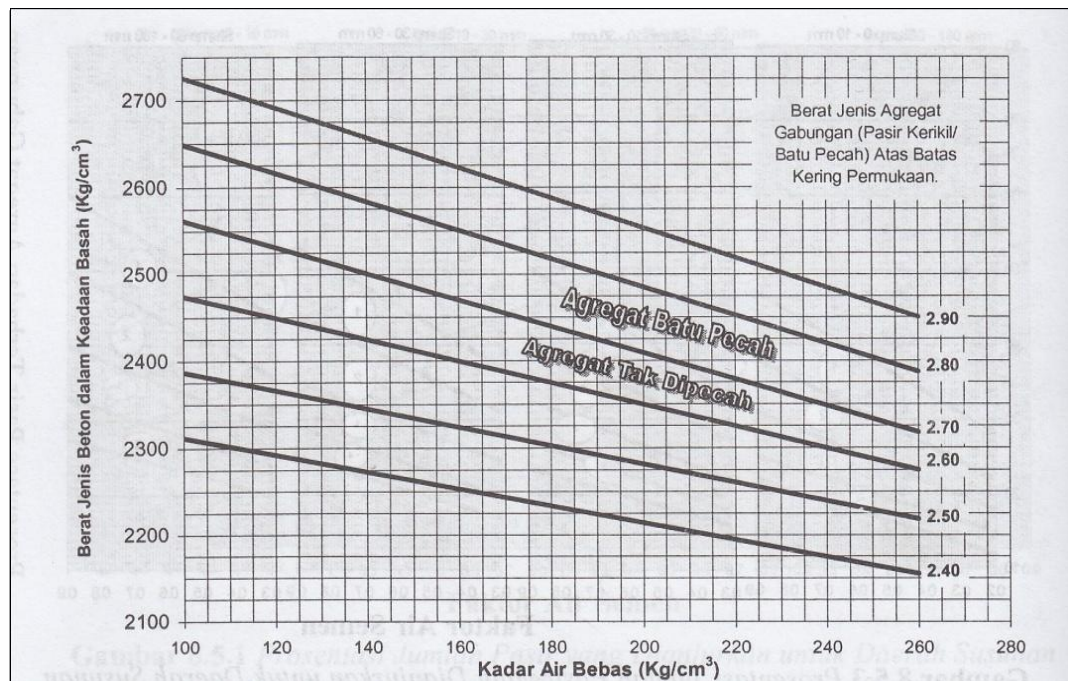
Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{btm} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m^3)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m^3)



Gambar 2.12: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

22. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (2.6)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3)

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per meter kubik adukan.

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (2.9)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.10)$$

Dengan:

B = jumlah air (kg/m^3)

C = agregat halus (kg/m^3)

D = jumlah agregat kasar (kg/m^3)

C_a = absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a = absorpsi agregat kasar (%)

C_k = kandungan air dalam agregat halus (%)

D_k = kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.7. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan

dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

2.8. Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi terjadi dengan sempurna. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya.

Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh. Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. *Water (Standar Curing)*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam di dalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

2. *Exposed Atmosfer*

Disini beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan di dalam ruangan menurut temperatur ruangan tersebut.

3. *Sealed* atau *wrapping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap seringkali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80 °C - 150°C dengan tekanan udara 76 mmHg dan biasanya lama perawatan satu hari.

5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

2.9. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan (*Compressive Strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan.

Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata dan kontinyu melalui titik berat sepanjang sumbu longitudinal dengan tegangan yang dihasilkan sebesar:

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.11)$$

Dimana:

$$f \text{ (saat pengujian)} = \text{kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Beban tekan (kg)}$$

$$A = \text{Luas penampang (cm}^2\text{)}$$

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.13.

Tabel 2.13: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39, 1993).

| Umur Pengujian | Toleransi Waktu yang Diizinkan |
|----------------|--------------------------------|
| 24 jam | 0,5 jam atau 2,1 % |
| 3 hari | 2 jam atau 2,8 % |
| 7 hari | 6 jam atau 3,6 % |
| 28 hari | 20 jam atau 3,0 % |
| 90 hari | 48 jam atau 2,2 % |

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuta tekan dapat diestimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefesien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f \text{ (estimasi 28 hari)} = \frac{f \text{ (saat pengujian)}}{\text{koefesien}} \quad (2.12)$$

Dimana:

f (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm^2)

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm^2)

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.14 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.14: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodimuljo, 2007).

| | | | | |
|-------------|------|------|------|------|
| Umur (hari) | 7 | 14 | 21 | 28 |
| Koefisien | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 |

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Untuk penelitian suatu kasus diperlukan adanya metodologi yang berfungsi sebagai panduan kegiatan yang dilaksanakan dalam pengumpulan data-data.

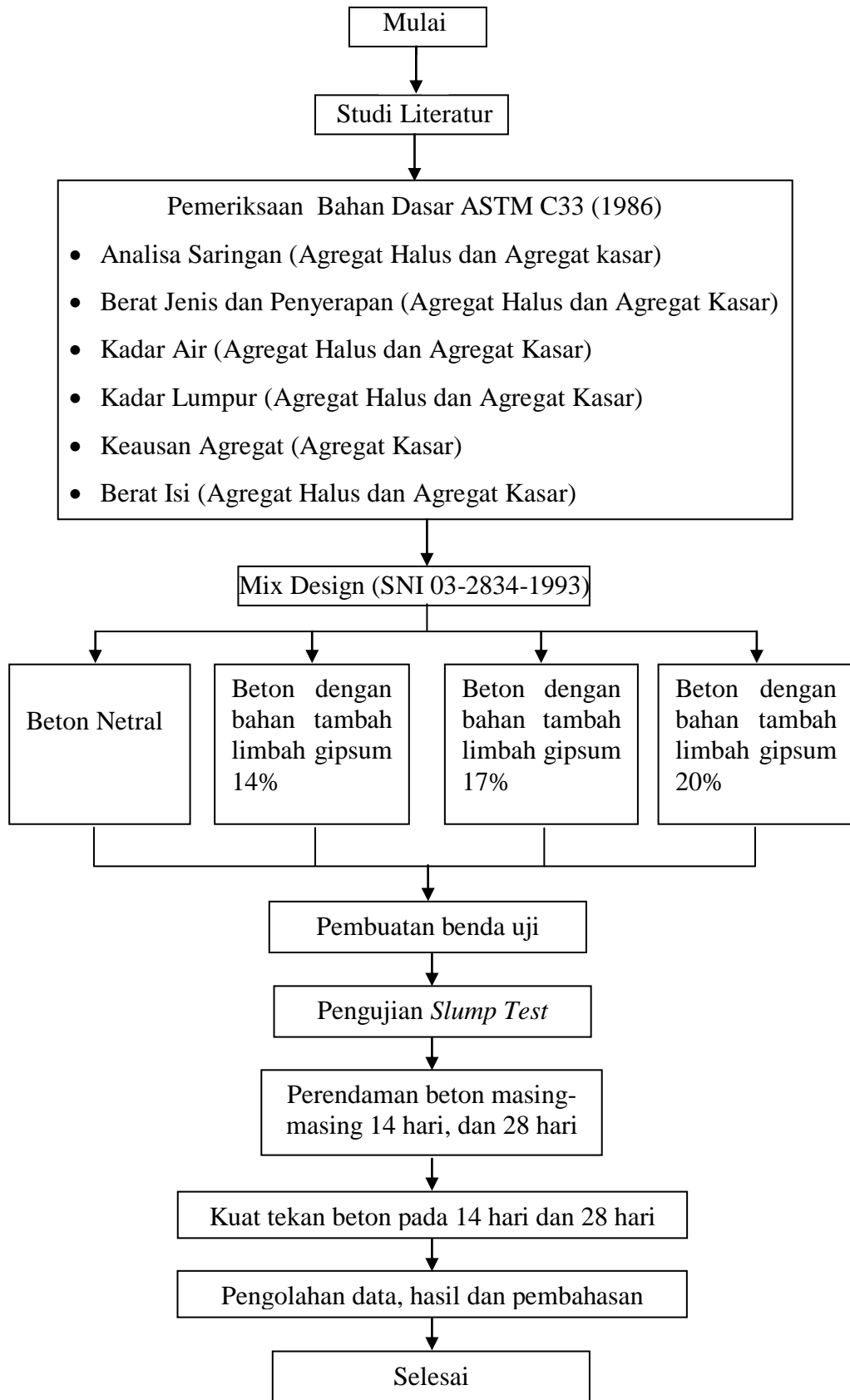
Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data, diantaranya pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer ini sendiri dilakukan pada agregat yang digunakan, diantaranya adalah pemeriksaan agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah. Pemeriksaan dasar agregat ini meliputi:

- a. Analisa saringan pada agregat halus dan agregat kasar.
- b. Berat jenis dan penyerapan pada agregat halus dan agregat kasar.
- c. Kadar air pada agregat halus dan agregat kasar.
- d. Kadar lumpur pada agregat halus dan agregat kasar.
- e. Keausan agregat menggunakan mesin *Los Angeles* pada agregat kasar.
- f. Berat isi pada agregat halus dan agregat kasar.

Setelah dilakukan pemeriksaan dasar, langkah selanjutnya adalah membuat perencanaan campuran beton normal (*Job Mix Design*). Setelah mengetahui hasil analisis campuran, ada beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada campuran beton, yakni pengujian kekentalan beton segar (*Slump Test*) dan pengujian kuat tekan beton berdasarkan variasi hari yang telah direncanakan.

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (Literatur) dan berkonsultasi langsung dengan Pelaksana Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai *aditive*, SNI-03-2834 (1993), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM C33 (1986) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Berikut adalah urutan singkat penelitian yang dilaksanakan.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan metodologi penelitian.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada Maret 2017 hingga Agustus 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jln. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang Tipe I PPC.

b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai dengan cara pengerukan dasar sungai.

c. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang berasal dari PDAM Tirtanadi Medan untuk campuran beton.

e. Limbah gipsum

Limbah gipsum yang digunakan dalam penelitian ini adalah sisa dari bahan yang digunakan untuk pembuatan plafond konstruksi perumahan dengan *treatment* dijemur untuk kemudian ditumbuk. Setelah ditumbuk lalu gipsum menjadi bubuk, gipsum yang telah menjadi bubuk diayak menggunakan saringan No.50 dan saringan No.100. Bubuk yang diambil untuk melakukan pengujian adalah bubuk limbah gipsum yang lolos pada saringan No.50 dan tertahan pada saringan No.100.

3.3.2. Peralatan

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

2. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
3. Satu set alat untuk pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar.
4. Satu set alat untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar.
5. Satu set alat untuk pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar.
6. Timbangan.
7. Alat pengaduk beton (*mixer*).
8. Cetakan benda uji berbentuk kubus
9. Alat kuat tekan (*compression*).
10. Mesin *Los Angeles*.
11. Satu set *Slump Test*.

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di laboratorium mengikuti panduan dari ASTM C33 (1986) tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

3.6.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1986) dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

| Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|--|----------|----------|-----------|
| Berat contoh SSD dan berat wadah (W1) | 1694 | 1745 | 1719,5 |
| Berat contoh kering oven & berat wadah (W2) | 1668 | 1719 | 1693,5 |
| Berat wadah (W3) | 494 | 495 | 494,5 |
| Berat air (W1-W2) | 26 | 26 | 26 |
| Berat contoh kering (W2-W3) | 1174 | 1224 | 1199 |
| Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$ | 2,215 | 2,124 | 2,169 |

Berdasarkan Tabel 3.1 pengujian kadar air agregat halus dapat diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 2,169%. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali, pengujian pada contoh pertama kadar air yang diperoleh sebesar 2,215% sedangkan yang kedua diperoleh sebesar 2,124% dari hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20,0%.

3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1986) dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

| Agregat halus lolos saringan No.4 | Contoh 1 (gr) | Contoh 2 (gr) | Rata-rata |
|-------------------------------------|------------------|------------------|-----------|
| Berat contoh kering: A (gr) | 500 | 500 | 500 |
| Berat contoh setelah dicuci: B (gr) | 483 | 480 | 481,5 |

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

| Agregat halus lolos saringan No.4 | Contoh 1 (gr) | Contoh 2 (gr) | Rata-rata |
|---|------------------|------------------|-----------|
| Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr) | 17 | 20 | 18,5 |
| Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%) | 3,40 | 4,00 | 3,70 |

Berdasarkan Tabel 3.2 pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No.200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,4%, dan sampel kedua sebesar 4,0%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,7%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C128 dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

| Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|--|----------|----------|-----------|
| Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B) | 500 | 500 | 500 |
| Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E) | 492 | 492 | 492 |
| Berat piknometer penuh air (D) | 698 | 701 | 700 |
| Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C) | 1003 | 1002 | 1002,5 |
| Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$ | 2,52 | 2,47 | 2,50 |
| Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$ | 2,56 | 2,51 | 2,54 |

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

| Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|--|----------|----------|-----------|
| Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$ | 2,63 | 2,58 | 2,60 |
| Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$ | 1,63 | 1,63 | 1,63 |

Berdasarkan Tabel 3.3 pengujian berat jenis maupun penyerapan, pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh kering, berat jenis contoh SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis contoh SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,50 \text{ gr/cm}^3 < 2,54 \text{ gr/cm}^3 < 2,60 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,63%. Berdasarkan standar ASTM C128 tentang absorpsi yang baik adalah di bawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1986) dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

| No | Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Contoh 3 | Rata-rata |
|----|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | Berat contoh dan wadah (gr) | 19771 | 20387 | 21164 | 20440,67 |
| 2 | Berat wadah (gr) | 5300 | 5300 | 5300 | 5300 |
| 3 | Berat contoh (gr) | 14471 | 15087 | 15864 | 15140,67 |
| 4 | Volume wadah (cm^3) | 10952,23 | 10952,23 | 10952,23 | 10952,23 |
| 5 | Berat isi (gr/cm^3) | 1,32 | 1,38 | 1,45 | 1,38 |

Berdasarkan Tabel 3.4 pengujian berat isi agregat halus dengan hasil rata-rata sebesar $1,38 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C136 dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

| No. Saringan | Berat Tertahan | | | | Kumulatif | |
|------------------------|----------------|----------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Contoh 1 | Contoh 2 | Total Berat | % | Tertahan | Lolos |
| | (gr) | (gr) | (gr) | | | |
| 9.50 (No 3/8 in) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 4.75 (No. 4) | 98 | 107 | 205 | 6,32 | 6,32 | 93,68 |
| 2.36 (No. 8) | 113 | 114 | 227 | 7,00 | 13,31 | 86,69 |
| 1.18 (No.16) | 236 | 242 | 478 | 14,73 | 28,04 | 71,96 |
| 0.60 (No. 30) | 395 | 397 | 792 | 24,41 | 52,45 | 47,55 |
| 0.30 (No. 50) | 373 | 383 | 756 | 23,30 | 75,75 | 24,25 |
| 0.15 (No. 100) | 301 | 307 | 608 | 18,74 | 94,48 | 5,52 |
| Pan | 82 | 97 | 179 | 5,52 | 100,00 | 0,00 |
| Total | 1598 | 1647 | 3245 | 100 | | |
| FM (Modulus kehalusan) | 2,70 | | | | | |

Berdasarkan Tabel 3.5 pengujian analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C136, yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tatacara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 3245 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{205}{3245} \times 100\% = 6,32\%$$

$$\text{No.8} = \frac{227}{3245} \times 100\% = 7,00\%$$

$$\text{No.16} = \frac{478}{3245} \times 100\% = 14,73\%$$

$$\begin{aligned} \text{No.30} &= \frac{792}{3245} \times 100\% = 24,41\% \\ \text{No.50} &= \frac{756}{3245} \times 100\% = 23,30\% \\ \text{No.100} &= \frac{608}{3245} \times 100\% = 18,74\% \\ \text{Pan} &= \frac{179}{3245} \times 100\% = 5,52\% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 0 + 6,32 = 6,32\% \\ \text{No.8} &= 6,32 + 7,00 = 13,31\% \\ \text{No.16} &= 13,31 + 14,73 = 28,04\% \\ \text{No.30} &= 28,04 + 24,41 = 52,45\% \\ \text{No.50} &= 52,45 + 23,30 = 75,75\% \\ \text{No.100} &= 75,75 + 18,74 = 94,48\% \\ \text{Pan} &= 94,48 + 5,52 = 100,00\% \end{aligned}$$

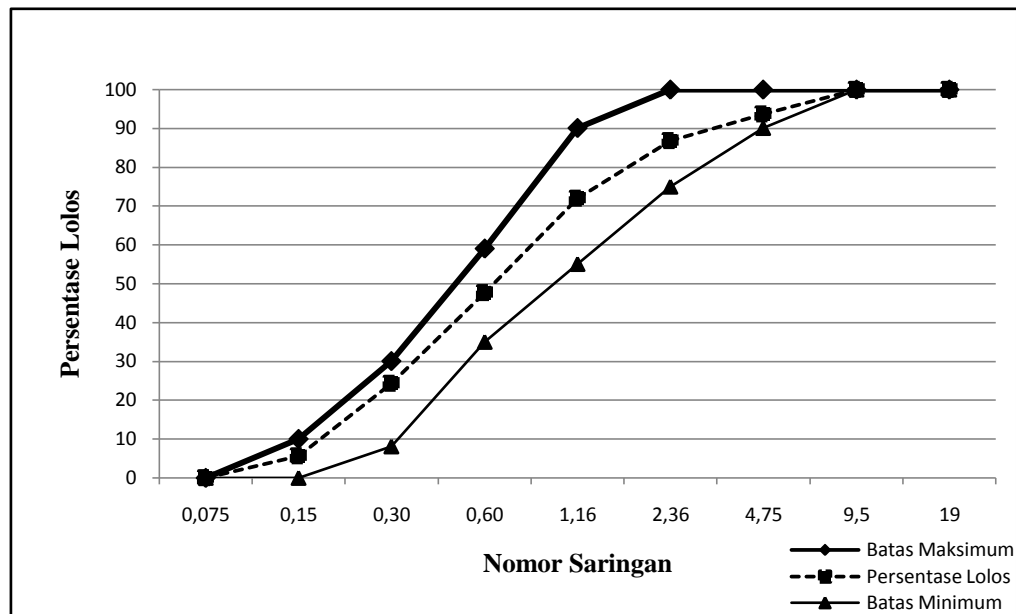
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 270,35%

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 100 - 6,32 = 93,68\% \\ \text{No.8} &= 100 - 13,31 = 86,69\% \\ \text{No.16} &= 100 - 28,04 = 71,96\% \\ \text{No.30} &= 100 - 52,45 = 47,55\% \\ \text{No.50} &= 100 - 75,75 = 24,25\% \\ \text{No.100} &= 100 - 94,48 = 5,52\% \\ \text{Pan} &= 100 - 100,00 = 0,00\% \end{aligned}$$

- FM (Modulus kehalusan):

$$\frac{\text{Jumlah persentase kumulatif yang tertahan}}{100\%} = \frac{270,35\%}{100\%} = 2,70$$



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,70 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang).

3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.
- Pemeriksaan keausan agregat.

3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1986) dan Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat kasar. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6: Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

| Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|---|----------|----------|-----------|
| Berat contoh SSD dan berat wadah (W1) | 3594 | 3642 | 3618 |
| Berat contoh SSD | 3100 | 3150 | 3125 |
| Berat contoh kering oven dan wadah (W2) | 3573 | 3623 | 3598 |
| Berat wadah (W3) | 494 | 492 | 493 |
| Berat air (W1-W2) | 21 | 19 | 20 |
| Berat contoh kering (W2-W3) | 3079 | 3131 | 3105 |
| Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$ | 0,68 | 0,61 | 0,64 |

Berdasarkan Tabel 3.6 pengujian kadar air agregat kasar dapat diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 0,64%. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali, pengujian pada contoh pertama kadar air yang diperoleh sebesar 0,68% sedangkan yang kedua diperoleh sebesar 0,61% dari hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1986) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Dari hasil pengujian didapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.7: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

| Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm | Contoh 1 (gr) | Contoh 2 (gr) | Rata-rata |
|--|------------------|------------------|-----------|
| Berat contoh kering: A (gr) | 1600 | 1600 | 1600 |
| Berat contoh setelah dicuci: B (gr) | 1593 | 1592 | 1592,5 |
| Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C (gr) | 7 | 8 | 7,5 |
| Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%) | 0,44 | 0,50 | 0,47 |

Berdasarkan Tabel 3.7 pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No.200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotor agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,44% dan sampel kedua sebesar 0,50%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,47%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <1%.

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C127 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.8: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

| Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|---|----------|----------|-----------|
| Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A) | 3100 | 3150 | 3125 |
| Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C) | 3077 | 3128 | 3102,5 |
| Berat contoh jenuh (B) | 1952 | 1978 | 1965 |
| Berat jenis contoh kering (C/(A-B)) | 2,68 | 2,67 | 2,67 |
| Berat jenis contoh SSD (A/(A-B)) | 2,70 | 2,69 | 2,69 |
| Berat jenis contoh semu (C/(C-B)) | 2,74 | 2,72 | 2,73 |
| Penyerapan (A-C)/C x 100% | 0,75 | 0,70 | 0,73 |

Berdasarkan Tabel 3.8 pengujian berat jenis maupun penyerapan, pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh kering, berat jenis contoh SSD dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat

Jenis Contoh Kering < Berat Jenis contoh SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,67 \text{ gr/cm}^3 < 2,69 \text{ gr/cm}^3 < 2,73 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 0,73%. Berdasarkan standar ASTM C127 tentang absorpsi yang baik adalah maksimum 4% dan nilai absorpsi agregat kasar yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33 (1986) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.9: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

| No | Pengujian | Contoh 1 | Contoh 2 | Contoh 3 | Rata-rata |
|----|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | Berat contoh & wadah (gr) | 30513 | 31746 | 32958 | 31739 |
| 2 | Berat wadah (gr) | 6440 | 6440 | 6440 | 6440 |
| 3 | Berat contoh (gr) | 24073 | 25306 | 26518 | 25299 |
| 4 | Volume wadah (cm) | 15465,21 | 15465,21 | 15465,21 | 15465,21 |
| 5 | Berat Isi (gr/cm^3) | 1,56 | 1,64 | 1,71 | 1,64 |

Berdasarkan Tabel 3.9 pengujian menghasilkan nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar $1,64 \text{ gr/cm}^3$. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar $1,56 \text{ gr/cm}^3$. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar $1,64 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar $1,71 \text{ gr/cm}^3$ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu $> 1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai ASTM C136 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui analisa saringan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

| No. Saringan | Berat Tertahan | | | | Kumulatif | |
|------------------------|----------------|---------------|------------------|-------|-----------|-------|
| | Contoh 1 (gr) | Contoh 2 (gr) | Total Berat (gr) | % | Tertahan | Lolos |
| | 38,1 (1.5 in) | 101 | 93 | 194 | 3,13 | 3,13 |
| 19.0 (3/4 in) | 1302 | 1333 | 2635 | 42,46 | 45,58 | 54,42 |
| 9.52 (3/8 in) | 925 | 994 | 1919 | 30,92 | 76,51 | 23,49 |
| 4.75 (No. 4) | 729 | 729 | 1458 | 23,49 | 100,00 | 0,00 |
| 2.36 (No. 8) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 1.18 (No.16) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0.60 (No. 30) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0.30 (No. 50) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| 0.15 (No. 100) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100,00 | 0,00 |
| Pan | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 100 | 0 |
| Total | 3057 | 3149 | 6206 | 100 | | |
| FM (Modulus kehalusan) | 7,25 | | | | | |

Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C136, yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tatacara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 6206 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{194}{6206} \times 100\% = 3,13\%$$

$$3/4 = \frac{2635}{6206} \times 100\% = 42,46\%$$

$$3/8 = \frac{1919}{6206} \times 100\% = 30,92\%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1458}{6206} \times 100\% = 23,49\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 3,13 = 3,13\%$$

$$3/4 = 3,13 + 42,46 = 45,58\%$$

$$3/8 = 45,58 + 30,92 = 76,51\%$$

$$\text{No.4} = 76,51 + 23,49 = 100,00\%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 725,22

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$1,5 = 100 - 3,13 = 96,87\%$$

$$3/4 = 100 - 45,58 = 54,42\%$$

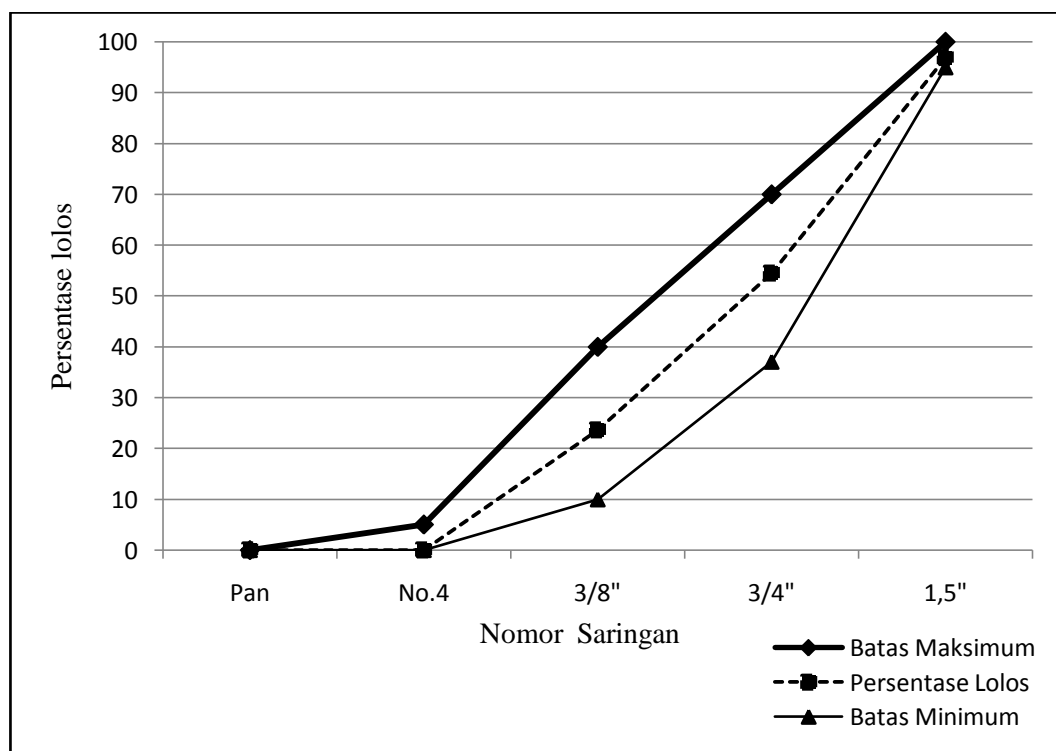
$$3/8 = 100 - 76,51 = 23,49\%$$

$$\text{No. 4} = 100 - 100 = 0 \%$$

- FM (Modulus kehalusan):

$$\frac{\text{Jumlah persentase kumulatif yang tertahan}}{100\%} = \frac{725,22\%}{100\%} = 7,25$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan ASTM C33 (1986), dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33 (1985) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sampel sebelum pengujian = 5000 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11. Nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan persentase dari berat akhir agregat yang tertahan dengan saringan No.12 dengan berat awal agregat yang diambil. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar ketahanan agregat terhadap gesekan.

Tabel 3.11: Data-data dari hasil pengujian keausan agregat.

| No Saringan | Berat awal (gr) | Berat akhir (gr) |
|----------------|-----------------------------|------------------|
| 12,5 (1/2 in) | 2500 | 1675 |
| 9,50 (3/8 in) | 2500 | 532 |
| 4,75 (No. 4) | - | 926 |
| 2,36 (No. 8) | - | 423 |
| 1,18 (No. 16) | - | - |
| 0,60 (No. 30) | - | - |
| 0,30 (No. 50) | - | - |
| 0,15 (No. 100) | - | - |
| Pan | - | 707 |
| Total | 5000 | 4263 |
| | Berat lolos saringan No. 12 | 737 |
| | Keausan (%) | 14,74 % |

$$\begin{aligned} \text{Keausan} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4263}{5000} \times 100\% = 14,74\% \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4263 gr dan nilai keausan sebesar 14,74 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.8. Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan ASTM (*American Society for Testing and Materials*), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.9. Pelaksanaan Penelitian

3.9.1. Trial Mix

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

3.9.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan sisi berukuran 15 cm yang berjumlah 32 buah dengan 4 variasi yaitu beton normal, beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 14%, beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 17% dan beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 20%.

3.9.3. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-1993.

3.9.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 14 hari dan 28 hari.

3.9.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 kN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak:

- Beton normal umur 14 hari : 4 buah.
 - Beton normal umur 28 Hari : 4 buah.
 - Beton variasi 14 % umur 14 hari : 4 buah.
 - Beton variasi 14 % umur 28 hari : 4 buah.
 - Beton variasi 17 % umur 14 hari : 4 buah.
 - Beton variasi 17 % umur 28 hari : 4 buah.
 - Beton variasi 20 % umur 14 hari : 4 buah.
 - Beton variasi 20 % umur 28 hari : 4 buah.
- Total : 32 buah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapat data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,69 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus = 2,54 gr/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,47%
- Kadar lumpur agregat halus = 3,70%
- Berat isi agregat kasar = 1,64 gr/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,38 gr/cm³
- FM agregat kasar = 7,25
- FM agregat halus = 2,70
- Kadar air agregat kasar = 0,64%
- Kadar air agregat halus = 2,17%
- Penyerapan agregat kasar = 0,73%
- Penyerapan agregat halus = 1,63%
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai di atas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 30 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

| PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993 | | | | | |
|---|---|--------------------------|---|---|---------|
| No. | Uraian | Tabel/Gambar Perhitungan | | Nilai | |
| 1 | Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus) | Ditetapkan | | 30 MPa | |
| 2 | Deviasi Standar | - | | 12 MPa | |
| 3 | Nilai tambah (margin) | - | | 5,7 MPa | |
| 4 | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | 1+2+3 | | 47,7 MPa | |
| 5 | Jenis semen | - | | Tipe I | |
| 6 | Jenis agregat: - kasar - halus | Ditetapkan Ditetapkan | Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai | | |
| 7 | Faktor air-semen bebas | Gambar 4.1 | | 0,44 | |
| 8 | Faktor air-semen maksimum | Ditetapkan | | 0,60 | |
| 9 | <i>Slump</i> | Ditetapkan | | 30 - 60 mm | |
| 10 | Ukuran agregat maksimum | Ditetapkan | | 40 mm | |
| 11 | Kadar air bebas | Tabel 4.7 | | 170 kg/m ³ | |
| 12 | Jumlah semen | 11:7 | | 386,36 kg/m ³ | |
| 13 | Jumlah semen maksimum | Ditetapkan | | 386,36 kg/m ³ | |
| 14 | Jumlah semen minimum | Ditetapkan | | 275 kg/m ³ | |
| 15 | Faktor air-semen yang disesuaikan | - | | 0,44 | |
| 16 | Susunan besar butir agregat halus | Gambar 3.2 | | Daerah gradasi zona 2 | |
| 17 | Susunan agregat kasar atau gabungan | Gambar 3.3 | | Gradasi maksimum 40 mm | |
| 18 | Persen agregat halus | Gambar 4.2 | | 34% | |
| 19 | Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan) | - | | 2.64 | |
| 20 | Berat isi beton | Gambar 4.3 | | 2420 kg/m ³ | |
| 21 | Kadar agregat gabungan | 20-(12+11) | | 1863,64 kg/m ³ | |
| 22 | Kadar agregat halus | 18 x 21 | | 633,64 kg/m ³ | |
| 23 | Kadar agregat kasar | 21-22 | | 1230,00 kg/m ³ | |
| 24 | Proporsi campuran | Semen (kg) | Air (kg) | Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg) | |
| | | | | Halus | Kasar |
| | - Tiap m ³ | 386,36 | 170 | 633,64 | 1230,00 |
| | - Tiap campuran uji m ³ | 1 | 0,440 | 1,640 | 3,184 |
| - Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus) | 1,304 | 0,574 | 2,139 | 4,151 | |

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

| No. | Uraian | Tabel/Gambar | | Nilai | |
|-----|--|---------------|-------------|---|---------|
| | | Perhitungan | | | |
| 25 | Koreksi proporsi campuran | Semen (kg) | Air (kg) | Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg) | |
| | | | | Halus | Kasar |
| | - Tiap m ³ | 386,36 | 167,69 | 637,05 | 1228,89 |
| | - Tiap campuran uji m ³ | 1 | 0,434 | 1,649 | 3,181 |
| | - Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus) | 1,304 | 0,566 | 2,150 | 4,148 |

Maka, dari hasil perencanaan beton di atas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

| | | | | | | |
|--------|---|--------|---|------------|---|--------|
| Semen | : | Pasir | : | Batu pecah | : | Air |
| 386,36 | : | 637,05 | : | 1228,89 | : | 167,69 |
| 1 | : | 1,649 | : | 3,181 | : | 0,434 |

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan kubus dengan ukuran:

$$\begin{aligned} \text{Sisi} &= 15 \text{ cm} \\ \text{Volume Kubus} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \times \text{Sisi} \\ &= 15 \times 15 \times 15 \\ &= 3375 \text{ cm}^3 \\ &= 0,003375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 386,36 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 $= 1,304 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 637,05 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 $= 2,150 \text{ kg}$
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 1228,89 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3 \\
 &= 4,148 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 167,69 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3 \\
 &= 0,566 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{cccccc}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
 1,304 & : & 2,150 & : & 4,148 & : & 0,566
 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Rumus | | Berat tertahan (kg) |
|----------------|------------------|--|---------------|---------------------|
| | | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$ | berat kerikil | |
| 1,5 | 3,13 | $\frac{3,13}{100} \times$ | 4,148 | 0,129 |
| 3/4 | 42,46 | $\frac{42,46}{100} \times$ | 4,148 | 1,761 |
| 3/8 | 30,92 | $\frac{30,92}{100} \times$ | 4,148 | 1,282 |
| No. 4 | 23,49 | $\frac{23,49}{100} \times$ | 4,148 | 0,974 |
| Total | | | | 4,148 |

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,129 kg, saringan 3/4 sebesar 1,761 kg, saringan 3/8 sebesar 1,282 kg dan saringan No.4 sebesar 0,974 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,148 kg.

Tabel 4.3: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Rumus | | Berat tertahan (kg) |
|----------------|------------------|---|---------------|---------------------|
| | | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$ | x berat pasir | |
| No.4 | 6,32 | $\frac{6,32}{100}$ | x 2,150 | 0,142 |
| No.8 | 7,00 | $\frac{7,00}{100}$ | x 2,150 | 0,150 |
| No.16 | 14,73 | $\frac{14,73}{100}$ | x 2,150 | 0,316 |
| No.30 | 24,41 | $\frac{24,41}{100}$ | x 2,150 | 0,524 |
| No.50 | 23,30 | $\frac{23,30}{100}$ | x 2,150 | 0,500 |
| No.100 | 18,74 | $\frac{18,74}{100}$ | x 2,150 | 0,402 |
| Pan | 5,52 | $\frac{5,52}{100}$ | x 2,150 | 0,118 |
| Total | | | | 2,150 |

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,142 kg, saringan No.8 sebesar 0,150 kg, saringan No.16 sebesar 0,316 kg, saringan No.30 sebesar 0,524 kg, saringan No.50 sebesar 0,500 kg, saringan No.100 sebesar 0,402 kg dan pan sebesar 0,118 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,150 kg.

b. Bahan *additive* agregat halus

Untuk penggunaan bahan tambah agregat halus tertahan saringan No.100 menggunakan limbah gipsum sebesar 14%, 17% dan 20% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Limbah gipsum yang dibutuhkan sebanyak 14% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{14}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{14}{100} \times 1,304 \text{ kg} \\
 &= 0,182 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Limbah gipsum yang dibutuhkan sebanyak 17% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
&= \frac{17}{100} \times \text{Berat semen} \\
&= \frac{17}{100} \times 1,304 \text{ kg} \\
&= 0,221 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Limbah gipsium yang dibutuhkan sebanyak 20% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
&= \frac{20}{100} \times \text{Berat semen} \\
&= \frac{20}{100} \times 1,304 \text{ kg} \\
&= 0,260 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tabel 4.4: Banyak limbah gipsium yang tertahan saringan No.100 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

| Penggunaan Bahan Tambah | Berat Limbah Gipsium (kg) |
|-------------------------|---------------------------|
| 14% | 0,182 |
| 17% | 0,221 |
| 20% | 0,260 |

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan limbah gipsium yang tertahan pada saringan No.100 yang digunakan sebagai bahan tambah sebanyak 14% yaitu seberat 0,182 kg, untuk bahan tambah yang digunakan sebanyak 17% yaitu seberat 0,221 kg dan untuk bahan tambah yang digunakan sebanyak 20% yaitu seberat 0,260%.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 32 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 32 benda uji
 - = 1,304 x 32
 - = 41,728 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 32
 - = 1,649 x 32
 - = 52,768 kg

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 32
 - = 3,181 x 32
 - = 101,792 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
 - = Banyak air untuk 1 benda uji x 32
 - = 0,434 x 32
 - = 13,888 kg
- Bahan tambah berupa bubuk gipsium yang dibutuhkan keseluruhan pengujian
 - Untuk beton bahan tambah 14%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 8
 - = 0,182 x 8
 - = 1,456 kg
 - Untuk beton bahan tambah 17%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 8
 - = 0,221 x 8
 - = 1,768 kg
 - Untuk beton bahan tambah 20%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 8
 - = 0,260 x 8
 - = 2,080 kg

Maka, jumlah bahan tambah yang dibutuhkan untuk keseluruhan pengujian adalah $1,456 + 1,768 + 2,080 = 5,304$ kg.

Perbandingan untuk 32 benda uji dalam satuan kg adalah:

| | | | | | | |
|--------|---|--------|---|------------|---|--------|
| Semen | : | Pasir | : | Batu pecah | : | Air |
| 41,728 | : | 52,768 | : | 101,792 | : | 13,888 |

Berdasarkan analisa saringan untuk 32 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Rumus | | Berat tertahan (Kg) |
|----------------|------------------|---|--------------------|---------------------|
| | | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$ | x berat batu pecah | |
| 1,5 | 3,13 | $\frac{3,13}{100}$ | x 101,792 | 3,186 |
| $\frac{3}{4}$ | 42,46 | $\frac{42,46}{100}$ | x 101,792 | 43,220 |
| 3/8 | 30,92 | $\frac{30,92}{100}$ | x 101,792 | 31,474 |
| No. 4 | 23,49 | $\frac{23,49}{100}$ | x 101,792 | 23,910 |
| Total | | | | 101,792 |

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 3,186 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 43,220 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 31,474 kg dan saringan No.4 sebesar 23,910 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 101,792 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Rumus | | Berat tertahan (kg) |
|----------------|------------------|---|---------------|---------------------|
| | | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$ | x berat pasir | |
| No.4 | 6,32 | $\frac{6,32}{100}$ | x 52,768 | 3,493 |
| No.8 | 7,00 | $\frac{7,00}{100}$ | x 52,768 | 3,693 |
| No.16 | 14,73 | $\frac{14,73}{100}$ | x 52,768 | 7,772 |
| No.30 | 24,41 | $\frac{24,41}{100}$ | x 52,768 | 12,880 |
| No.50 | 23,30 | $\frac{23,30}{100}$ | x 52,768 | 12,294 |
| No.100 | 18,74 | $\frac{18,74}{100}$ | x 52,768 | 9,888 |
| Pan | 5,52 | $\frac{5,52}{100}$ | x 52,768 | 2,912 |
| Total | | | | 52,768 |

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 3,493 kg, saringan No.8 sebesar 3,693 kg, saringan No.16 sebesar 7,772 kg, saringan No.30 sebesar 12,880 kg, saringan No.50 sebesar 12,294 kg, saringan No.100 sebesar 9,888 kg, dan pan sebesar 2,912 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 52,768 kg.

4.1.1. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.8.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

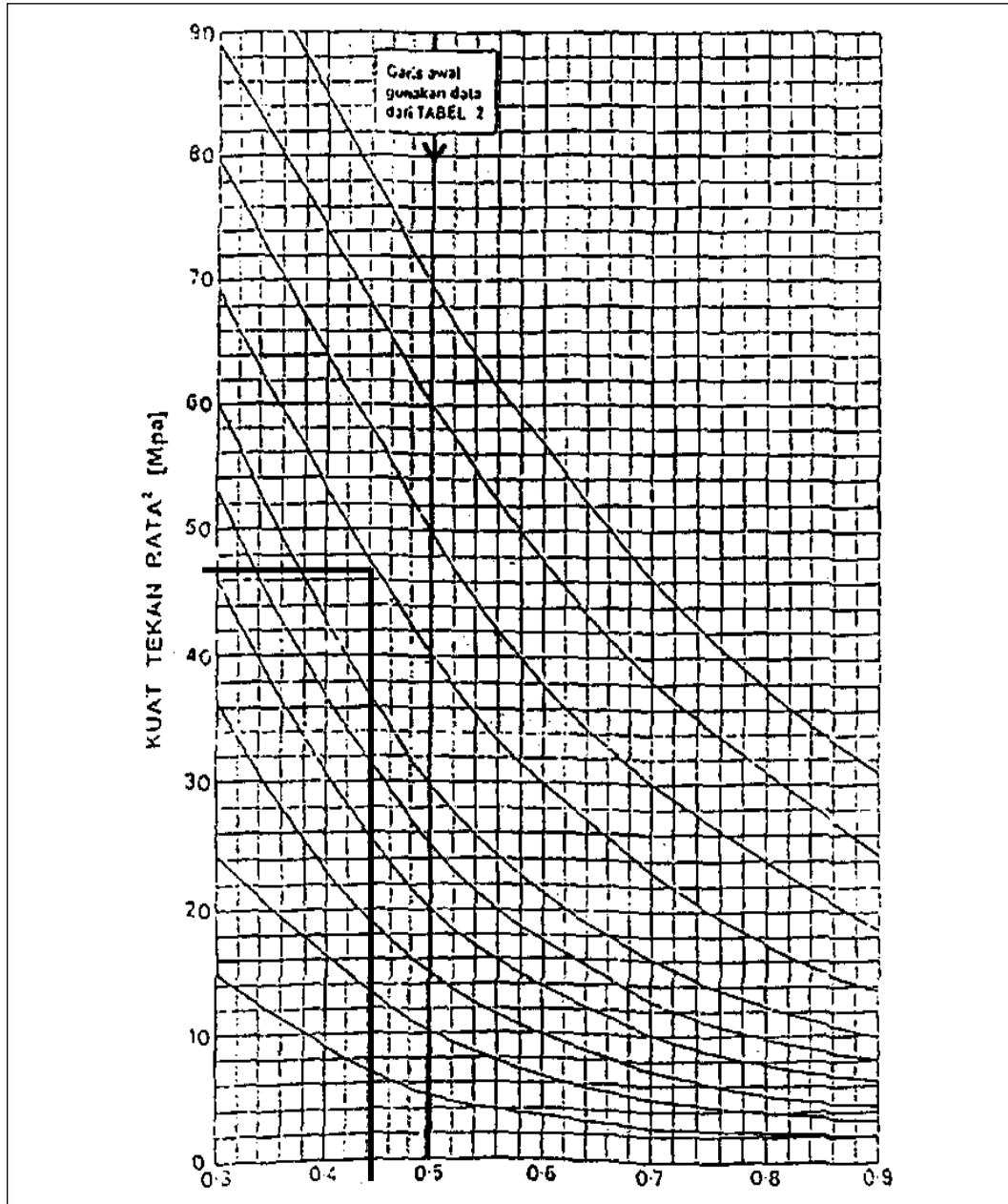
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Persamaan 2.1.

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

$$f'_{cr} = 30 + 17,7$$

$$= 47,7 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah
 - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 47,7 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (SNI 03-2834-1993).

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.10. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air-semen yang lebih kecil.
9. Nilai *slump* ditetapkan setinggi 30 - 60 mm berdasarkan Gambar 2.11.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

| <i>Slump</i> (mm) | 30-60 | |
|--|---------------------|------------|
| Ukuran besar butir agregat maksimum (mm) | batu tak dipecahkan | batu pecah |
| 40 | 160 | 190 |

Setelah interpolasi memakai Persamaan 4.1.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.1)$$

Dengan:

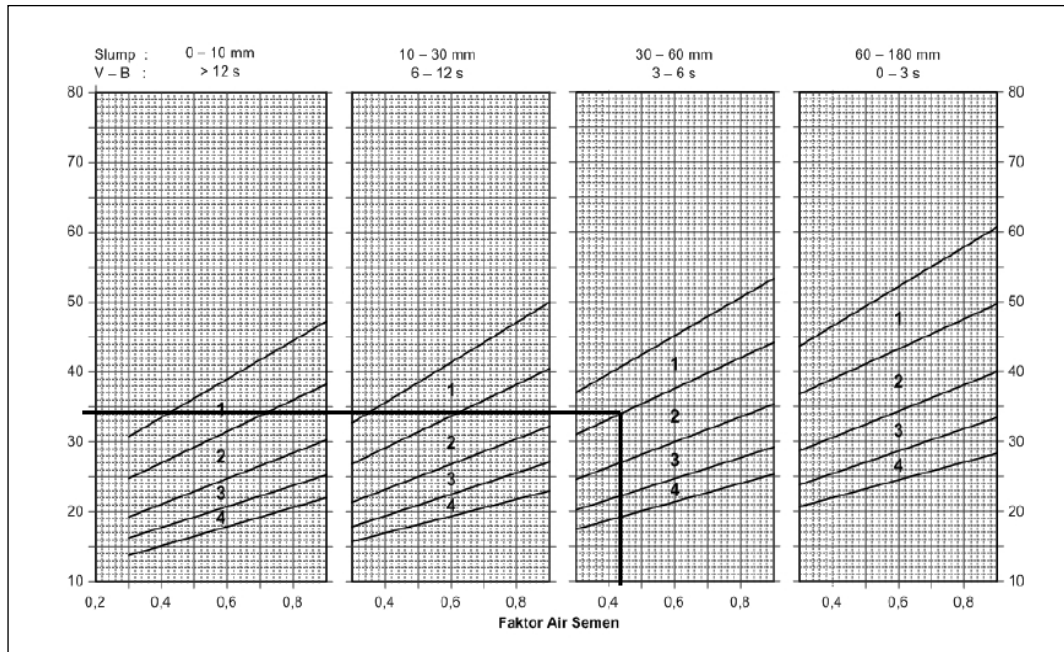
W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0.44 = 386,36 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.10. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air-semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.3.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.7.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.11 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai *slump* 30 - 60 mm dan nilai faktor air-semen 0,44. Bagi agregat halus (pasir)

yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 34%.
Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



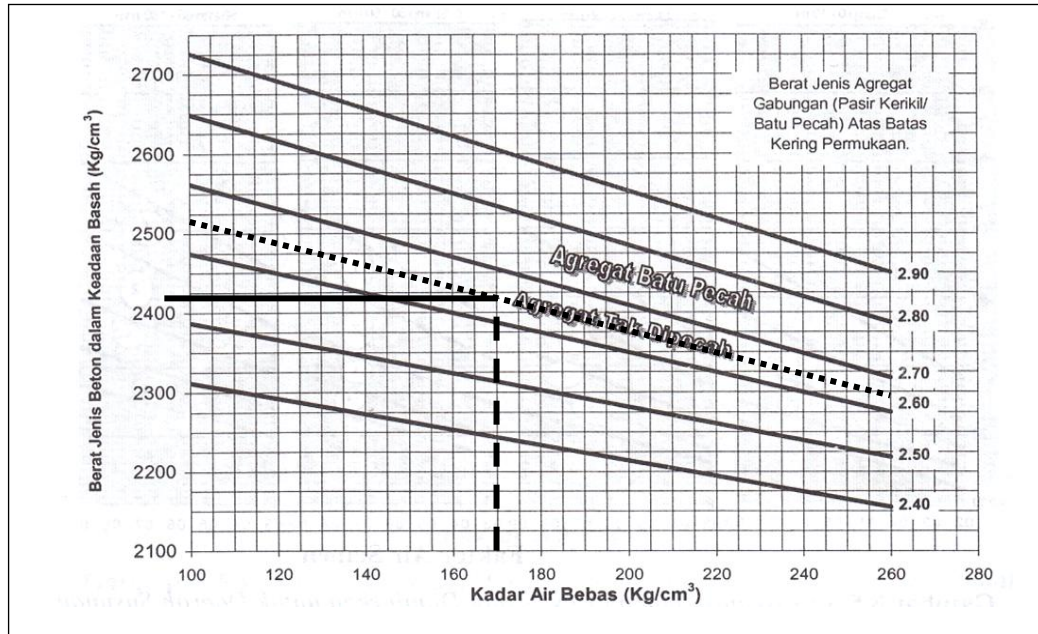
Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena itu agregat halus dalam hal ini merupakan gabungan dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil.

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

- BJ agregat halus = 2,54
- BJ agregat kasar = 2,69
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,34 \times 2,54) + (0,66 \times 2,69)$
= 2,64

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,64. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 170 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2420 kg/m^3 .



Gambar 4.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton(SNI 03-2834-1993).

21. Kadar agregat gabungan = (berat isi beton) – (jumlah kadar semen + kadar air)

$$= 2420 - (386,36 + 170) = 1863,64 \text{ kg/m}^3$$
22. Kadar agregat halus = (Persen agregat halus) x (Kadar agregat gabungan)

$$= \frac{34}{100} \times 1863,64 = 633,64 \text{ kg/m}^3$$
23. Kadar agregat kasar = Kadar agregat gabungan - Kadar agregat halus

$$= 1863,64 - 633,64 = 1230,00 \text{ kg/m}^3$$
24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis.
 untuk tiap m^3 sebagai berikut:
 - Semen = 386,36 kg
 - Air = 170 kg/lt
 - Agregat halus = 633,64 kg
 - Agregat kasar = 1230,00 kg

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibenarkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Persamaan 2.8, 2.9, dan 2.10, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (2,17 - 1,63) \times \frac{633,64}{100} - (0,64 - 0,73) \times \frac{1230,00}{100} \\
 &= 167,69 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
 &= 633,64 + (2,17 - 1,63) \times \frac{633,64}{100} \\
 &= 637,05 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 1230,00 + (0,64 - 0,73) \times \frac{1230,00}{100} \\
 &= 1228,89 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 32 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula sebagian air (kira-kira 75% dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata

dan campuran tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap di dalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan ditutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditentukan. Ruang penyimpanan harus bebas gataran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

4.3. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2 $\frac{1}{2}$ menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

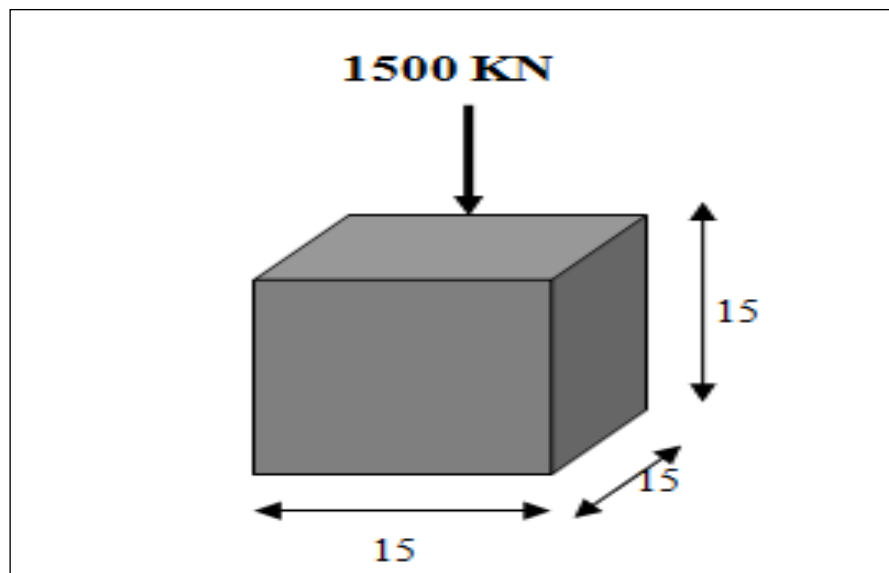
Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

| | Beton Normal | | Beton dengan Bahan Tambah Bubuk Limbah Gypsum 14% | | Beton dengan Bahan Tambah Bubuk Limbah Gypsum 17% | | Beton dengan Bahan Tambah Bubuk Limbah Gypsum 20% | |
|-------------------|--------------|----|---|----|---|-----|---|----|
| | 14 | 28 | 14 | 28 | 14 | 28 | 14 | 28 |
| <i>Slump</i> (cm) | 3,5 | 4 | 5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4 |

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 14%, 17% dan 20% sebesar 3,5 cm sampai dengan 5 cm.

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 kN, benda uji yang akan dites adalah berupa kubus dengan panjang sisi 15 cm dan jumlah benda uji 32 buah, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.4: Beban tekan pada benda uji kubus.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan sisi 15 cm yang digunakan didalam penelitian ini. Kubus memiliki

perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah. Hasil kuat tekan beton normal 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Estimasi 28 hari f' _c /0,88 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--|---|---------------------------------|
| Umur 14 hari | | | | |
| 1 | 62250 | 27,67 | 31,44 | 31,35 |
| 2 | 61500 | 27,33 | 31,06 | |
| 3 | 63000 | 28,00 | 31,82 | |
| 4 | 61500 | 27,33 | 31,06 | |
| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Kuat tekan 28 hari f' _c /1,00 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |
| Umur 28 hari | | | | |
| 1 | 81000 | 36,00 | 36,00 | 35,75 |
| 2 | 79500 | 35,33 | 35,33 | |
| 3 | 80250 | 35,67 | 35,67 | |
| 4 | 81000 | 36,00 | 36,00 | |

Berdasarkan Tabel 4.9 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 hari dan 28 hari. Dari 4 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,35 MPa pada umur beton 14 hari yang telah diestimasi ke umur 28 hari, dan 35,75 MPa untuk umur beton 28 hari.

4.4.2. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum 14%

Pengujian beton dengan variasi bahan tambah limbah gipsium sebesar 14% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah. Hasil kuat tekan beton limbah gipsium 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 14%.

| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Estimasi 28 hari f' _c /0,88 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--|---|---------------------------------|
| Umur 14 hari | | | | |
| 1 | 67500 | 30,00 | 34,09 | 34,18 |
| 2 | 69000 | 30,67 | 34,85 | |
| 3 | 68250 | 30,33 | 34,47 | |
| 4 | 66000 | 29,33 | 33,33 | |
| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Kuat tekan 28 hari f' _c /1,00 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |
| Umur 28 hari | | | | |
| 1 | 88500 | 39,33 | 39,33 | 39,08 |
| 2 | 87000 | 38,67 | 38,67 | |
| 3 | 87750 | 39,00 | 39,00 | |
| 4 | 88500 | 39,33 | 39,33 | |

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah limbah gipsum sebesar 14% didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 34,18 MPa pada umur beton 14 hari yang telah diestimasi ke umur 28 hari, dan 39,08 MPa untuk umur beton 28 hari.

4.4.3. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gipsum 17%

Pengujian beton dengan variasi bahan tambah limbah gipsum sebesar 17% dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah. Hasil kuat tekan beton limbah gipsum 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 17%.

| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Estimasi 28 hari f' _c /0,88 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--|---|---------------------------------|
| Umur 14 hari | | | | |
| 1 | 72000 | 32,00 | 36,36 | 36,36 |
| 2 | 72750 | 32,33 | 36,74 | |
| 3 | 70500 | 31,33 | 35,61 | |
| 4 | 72750 | 32,33 | 36,74 | |
| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² f' _c = (P/A) (MPa) | Kuat tekan 28 hari f' _c /1,00 (MPa) | f' _c rata-rata (MPa) |

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa) | Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa) | f'_c rata-rata (MPa) |
|--------------|----------------------|---|---|------------------------|
| Umur 28 hari | | | | |
| 1 | 93000 | 41,33 | 41,33 | 41,42 |
| 2 | 93750 | 41,67 | 41,67 | |
| 3 | 92250 | 41,00 | 41,00 | |
| 4 | 93750 | 41,67 | 41,67 | |

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah limbah gipsum sebesar 17% didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 36,36 MPa pada umur beton 14 hari yang telah diestimasi ke umur 28 hari, dan 39,08 MPa untuk umur beton 28 hari.

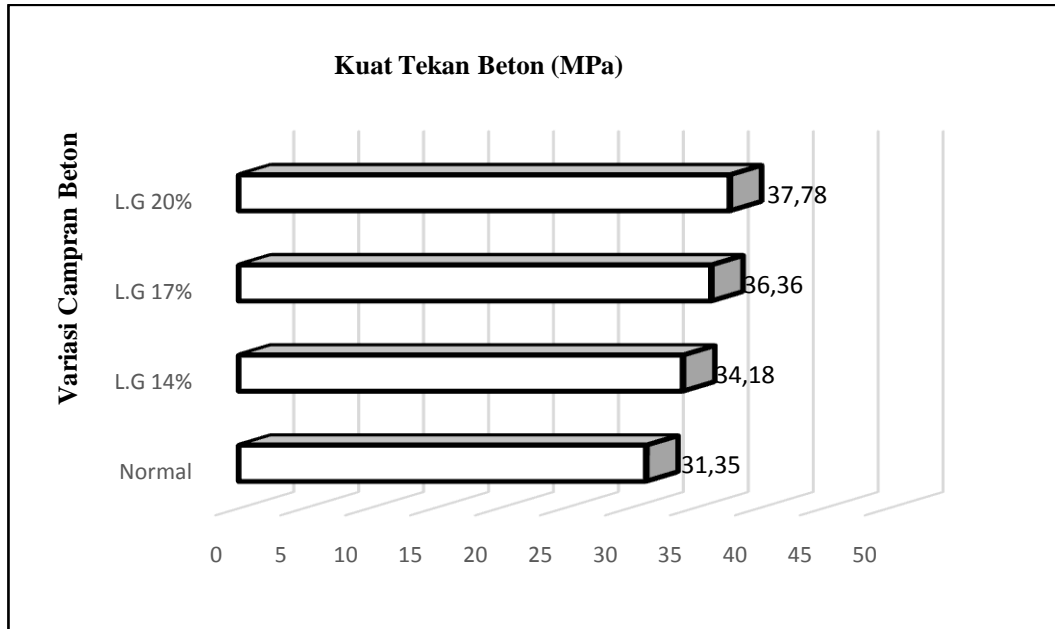
4.4.4. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gipsum 20%

Pengujian beton dengan variasi bahan tambah limbah gipsum sebesar 20% dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah. Hasil kuat tekan beton limbah gipsum 14 hari yang telah diestimasi ke umur 28 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.12.

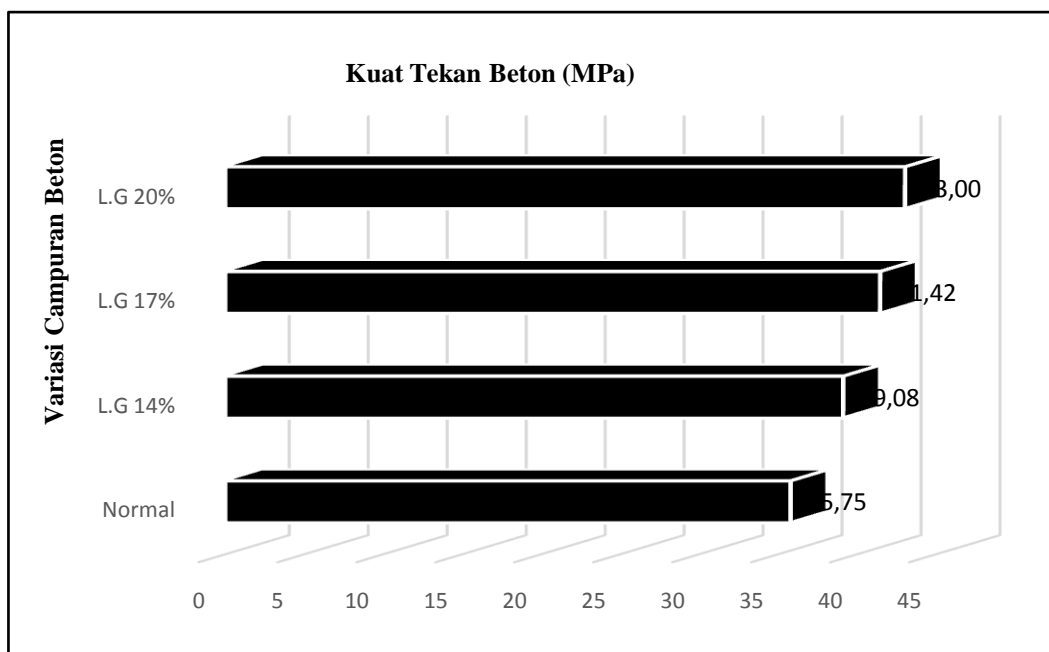
Tabel 4.12: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 20%.

| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa) | Estimasi 28 hari $f'_c/0,88$ (MPa) | f'_c rata-rata (MPa) |
|--------------|----------------------|---|---|------------------------|
| Umur 14 hari | | | | |
| 1 | 75000 | 33,33 | 37,88 | 37,78 |
| 2 | 75000 | 33,33 | 37,88 | |
| 3 | 74250 | 33,00 | 37,50 | |
| 4 | 75000 | 33,33 | 37,88 | |
| Benda Uji | Beban tekan (P) (kg) | A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa) | Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa) | f'_c rata-rata (MPa) |
| Umur 28 hari | | | | |
| 1 | 96000 | 42,67 | 42,67 | 43,00 |
| 2 | 96750 | 43,00 | 43,00 | |
| 3 | 97500 | 43,33 | 43,33 | |
| 4 | 96750 | 43,00 | 43,00 | |

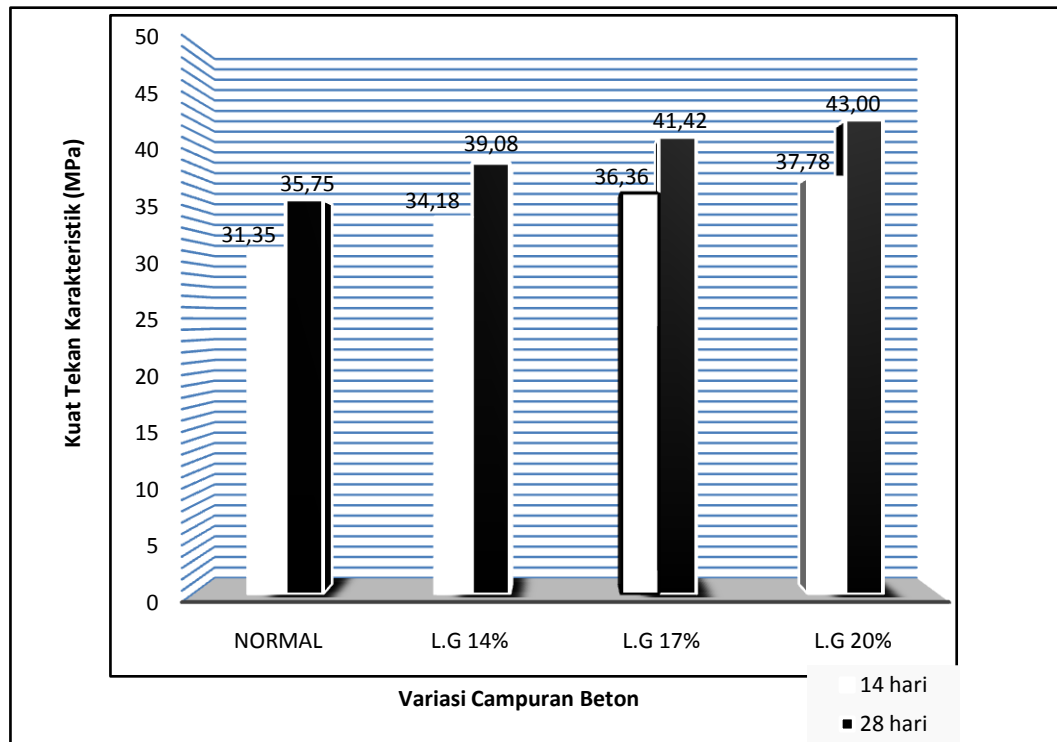
Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah limbah gipsum sebesar 20% didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 37,78 MPa pada umur beton 14 hari yang telah diestimasi ke umur 28 hari, dan 43,00 MPa untuk umur beton 28 hari.



Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari.



Gambar 4.6: Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.7: Grafik kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan limbah gipsum 14%, 17% dan 20% terjadi kenaikan pada umur 14 hari dan 28 hari.

4.5. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah gipsum, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan limbah gipsum sebanyak 14%, 17% dan 20% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Penambahan limbah gipsum 14%

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 14 hari)} = \frac{34,18-31,35}{31,35} \times 100 = 9,03\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{39,08-35,75}{35,75} \times 100 = 9,31\%$$

- Penambahan limbah gipsum 17%

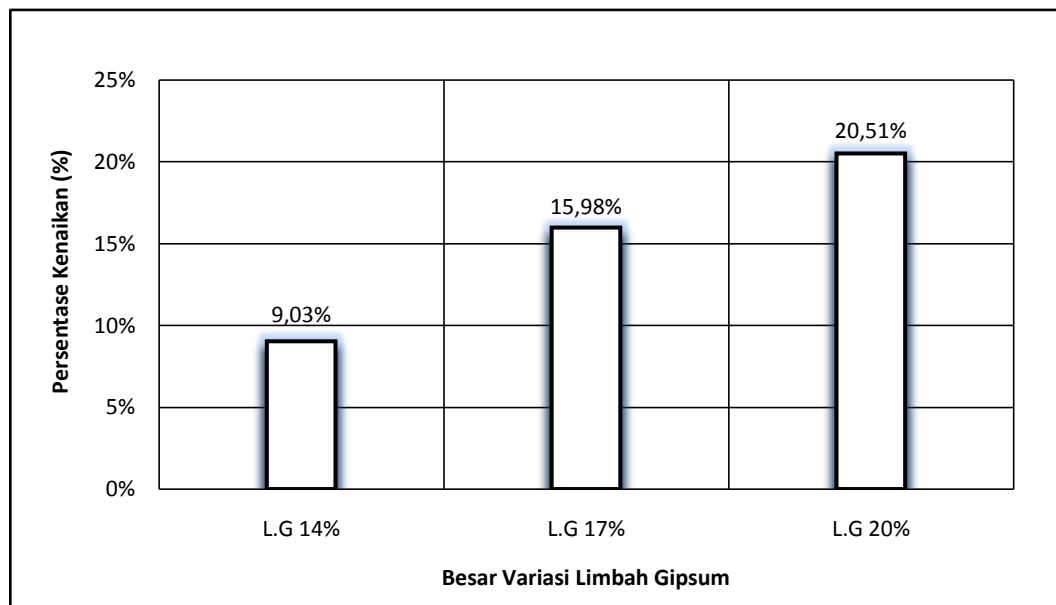
$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 14 hari)} = \frac{36,36-31,35}{31,35} \times 100 = 15,98\%$$

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{41,42-35,75}{35,75} \times 100 = 15,86\%$$

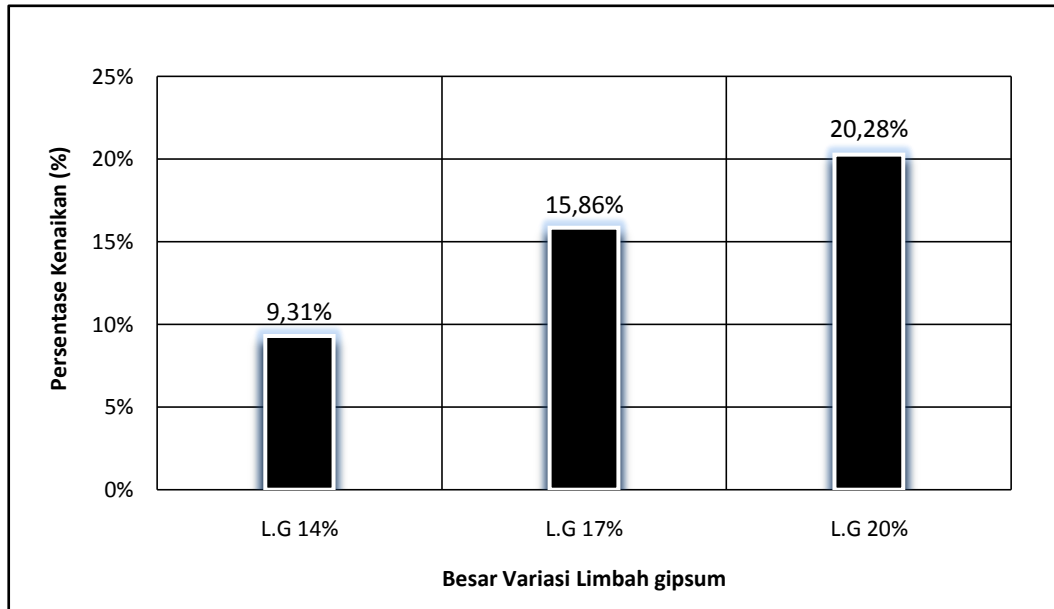
➤ Penambahan limbah gipsum 20%

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} = \frac{37,78-31,35}{31,35} \times 100 = 20,51\%$$

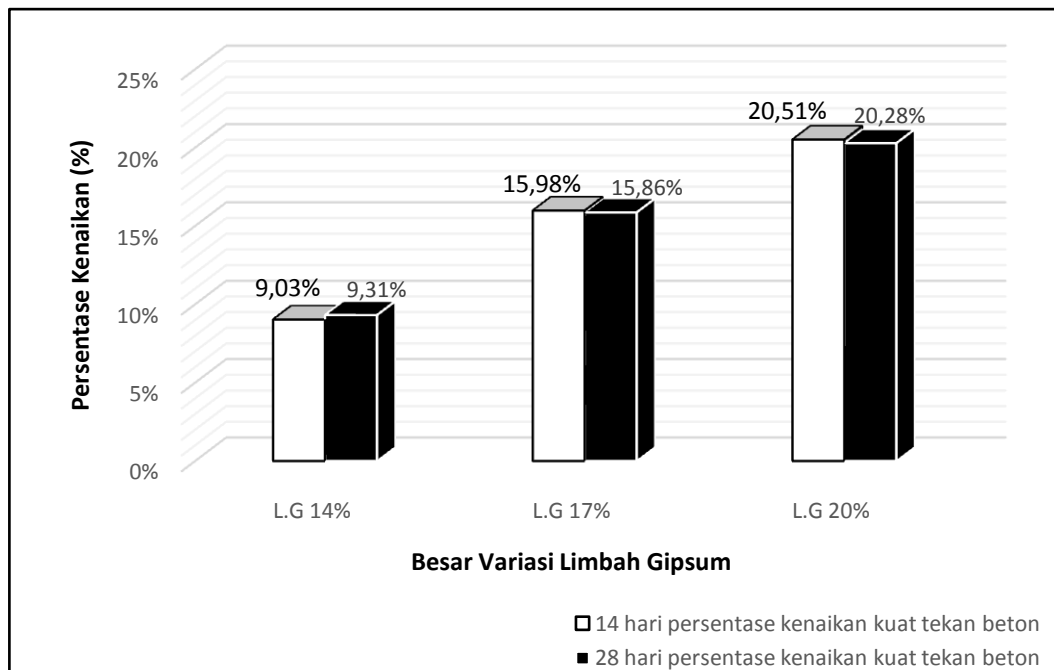
$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{43,00-35,75}{35,75} \times 100 = 20,28\%$$



Gambar 4.8: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.



Gambar 4.9: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



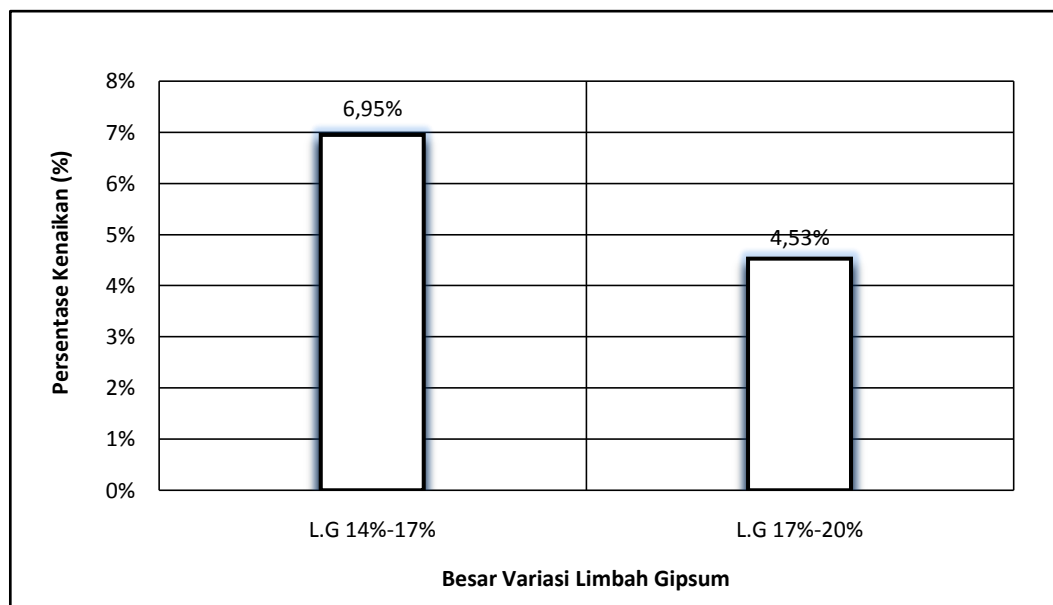
Gambar 4.10: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton, dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 serta perbandingan mengenai besar persentase kenaikan yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.

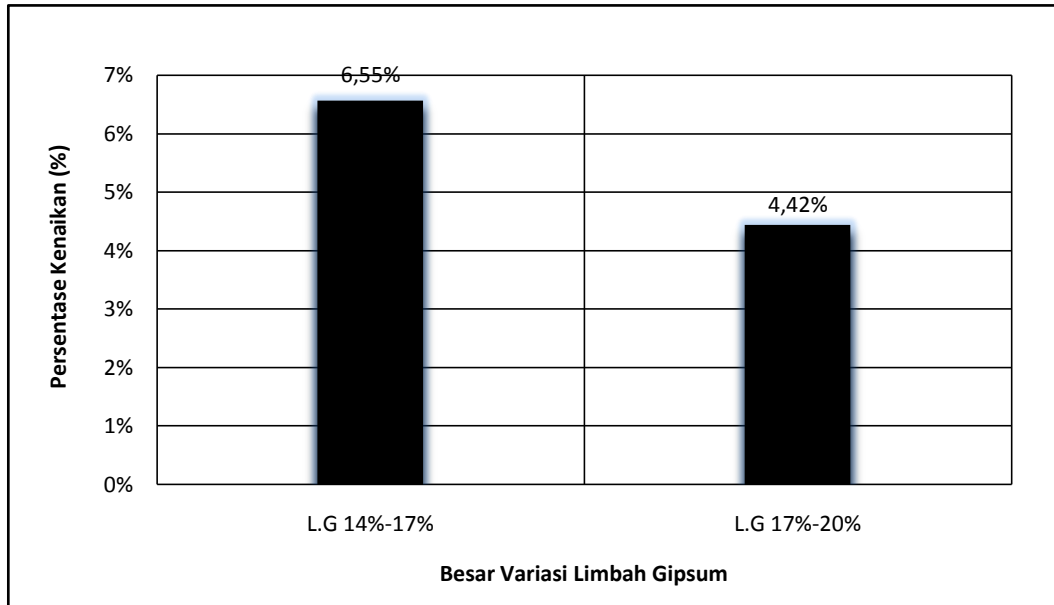
Dapat kita ketahui dari hasil kenaikan nilai persentase kuat tekan beton yang menggunakan limbah gipsum sebanyak 14%, 17% dan 20% mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton normal, namun jika kita teliti lagi dimana semakin banyak penambahan limbah gipsum pada campuran beton tersebut, maka nilai persentase kenaikan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin menurun. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.11 sampai dengan Gambar 4.13.

Tabel 4.13: Selisih pada persentase nilai kenaikan kuat tekan beton.

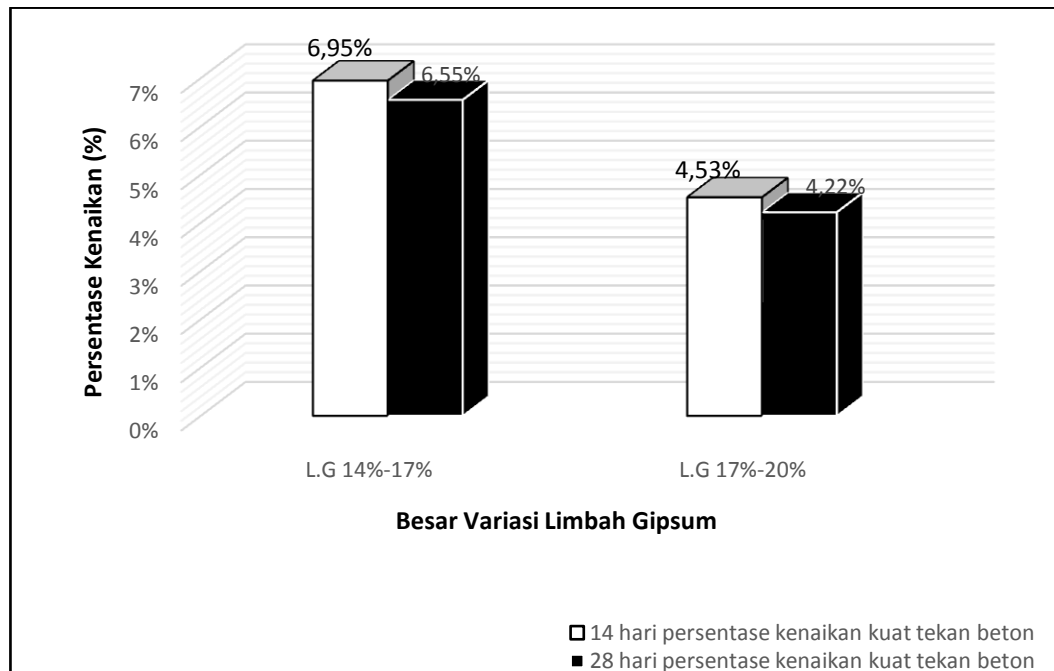
| Umur 14 hari | | |
|--|--------------|---------------|
| Banyak bahan tambah bubuk limbah gipsum (%) | 14 - 17 | 17 - 20 |
| Persentase kenaikan nilai kuat tekan beton (%) | 9,03 - 15,98 | 15,98 - 20,51 |
| Nilai selisih persentase kuat tekan beton (%) | 6,95 | 4,53 |
| Umur 28 hari | | |
| Banyak bahan tambah bubuk limbah gipsum (%) | 14-17 | 17-20 |
| Persentase kenaikan nilai kuat tekan beton (%) | 9,31-15,86 | 15,86-20,28 |
| Nilai selisih persentase kuat tekan beton (%) | 6,55 | 4,42 |



Gambar 4.11: Grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.



Gambar 4.12: Grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



Gambar 4.13: Perbandingan grafik besar selisih persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari dan 28 hari.

Dari Tabel 4.13 dan Gambar 4.11 sampai dengan Gambar 4.13 dapat kita ketahui bahwa semakin banyak jumlah bahan tambah limbah gipsium yang tercampur pada campuran beton, maka selisih nilai kuat tekan beton juga semakin menurun, hal ini menunjukkan bahwa dalam penambahan limbah gipsium juga

memiliki batas maksimum dalam penambahannya. Apabila terlalu berlebihan dalam penggunaan limbah gipsum kedalam campuran beton tersebut maka bukan tidak mungkin malah akan menurunkan nilai kuat tekan beton itu sendiri.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase kimia silika yang ada pada bubuk limbah gipsum dan semen.

Kegagalan didalam pengujian juga bisa terjadi, hal tersebut dapat terjadi dikarenakan banyak faktor, dari mulai ketelitian pada saat melakukan pengujian hingga perawatan, baik dari penelitian dasar pada bahan yang digunakan, maupun pada saat melakukan pengujian pencampuran seluruh komponen pembentuk beton, faktor lainnya yaitu berkenaan dengan suhu dan cuaca pada saat pengujian. Yang semua faktor yang dapat menjadikan kegagalan pada kuat tekan beton tersebut harus ditanggulangi sebisa mungkin untuk memaksimalkan hasil nilai kuat tekan beton yang didapat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil Pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan data dari kuat tekan beton yang didapat, bahwa beton diberi tambah limbah gipsum mempunyai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal tanpa bahan tambah limbah gipsum. Pada beton normal didapat kuat tekan sebesar 31,35 MPa dengan umur 14 hari estimasi 28 hari sedangkan yang 28 hari memiliki kuat tekan beton sebesar 35,75 MPa dan pada beton dengan bahan tambah limbah gipsum di dapat sebagai berikut:
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 14% pada umur 14 hari estimasi 28 hari didapati kenaikan sebesar 9,03%.
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 17% pada umur 14 hari estimasi 28 hari didapati kenaikan sebesar 15,98%.
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 20% pada umur 14 hari estimasi 28 hari didapati kenaikan sebesar 20,51%.
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 14% pada umur 28 hari didapati kenaikan sebesar 9,31%.
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 17% pada umur 28 hari didapati kenaikan sebesar 15,86%.
 - jumlah bahan tambah limbah gipsum 20% pada umur 28 hari didapati kenaikan sebesar 20,28%.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa beton dengan bahan tambah limbah gipsum 14% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari estimasi 28 hari sebesar 34,18 MPa dan 39,08 MPa pada 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tambah limbah gipsum 17% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari estimasi 28 hari sebesar 36,36 MPa dan 41,42 MPa pada 28 hari dan kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tambah limbah gipsum 20% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14

hari estimasi 28 hari sebesar 37,78 MPa dan 43,00 MPa pada umur 28 hari.

5.2. Saran

1. Sebelum melakukan penelitian perlu dikenali dahulu sifat bahan dan peralatanya agar hal-hal yang berada di luar spesifikasi bisa diantisipasi dengan baik.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi limbah gipsum.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat tarik dan lentur akibat pengaruh pada penambahan limbah gipsum pada campuran beton.
4. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk batas maksimum penambahan limbah gipsum pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211 (1993) *Guide for Selecting Proportions for Normal Heavy weight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- American Society for Testing and Materials C128. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*. Philadelphia: ASTM
- American Society for Testing and Materials C127. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. Philadelphia: ASTM
- American Society for Testing and Materials C136. *Standards test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C29. *Standards test for bulk density (unit weight) and voids in aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C33 (1982, 1986). *Standards Specification For Aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C39 (1993). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Philadelphia: ASTM.
- Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 03-2847-2002). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200 (0,075 Mm)* (SNI 03-4142-1996). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton* (SNI 1972:2008). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SNI 2147:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dipohusodo, I. (1994) *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Nawy. (1990) *Beton Bertulang : Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Eresco
Laboratorium Beton Teknik Sipil. *Buku Pedoman Praktikum Beton*. Fakultas
Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- L. J. Parrot, (1988), *A Literature Review of High Strength Concrete Properties*,
British Cement Association (BCA), Wexham Springs
- Murdock, L. J., Brook, K. M. (1991) *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta:
Erlangga.
- Suwarno, A.R. (2014) *Tinjauan Kuat Tekan Bata Beton dengan Penambahan
Limbah Gypsum PT. Petrokimia Gresik yang Menggunakan Agregat Halus
Abu Batu*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.

LAMPIRAN:

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

| Nomor Saringan | Ukuran Lubang | | Keterangan |
|----------------|---------------|---------------|--|
| | Mm | Inchi | |
| - | 76,20 | 3 | Satu set saringan untuk agregat ukuran # 2 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm). Berat minimum contoh: 35 kg |
| - | 63,50 | 2,5 | |
| - | 50,80 | 2 | |
| - | 37,50 | 1,5 | |
| - | 25,00 | 1 | |
| - | 50,80 | 2 | Satu set saringan untuk agregat ukuran # 467 (diameter agregat antara ukuran 50 mm – 4,76 mm). Berat minimum contoh: 20 kg |
| - | 37,50 | 1,5 | |
| - | 25,00 | 1 | |
| - | 19,10 | $\frac{3}{4}$ | |
| - | 12,50 | $\frac{1}{2}$ | |
| - | 9,50 | $\frac{3}{8}$ | |
| - | 4,76 | - | Satu set saringan untuk agregat ukuran # 67 (diameter agregat antara ukuran 25 mm – 2,38 mm). Berat minimum contoh: 10 kg |
| - | 25,00 | 1 | |
| - | 19,10 | $\frac{3}{4}$ | |
| - | 12,50 | $\frac{1}{2}$ | |
| - | 9,50 | $\frac{3}{8}$ | |
| No. 4 | 4,76 | - | Satu set saringan untuk agregat ukuran # 8 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm). Berat minimum contoh: 2,5 kg |
| No. 8 | 2,38 | - | |
| - | 12,50 | $\frac{1}{2}$ | |
| - | 9,50 | $\frac{3}{8}$ | |
| No.4 | 4,76 | - | |
| No.8 | 2,38 | - | |
| No.16 | 1,19 | - | |

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

| Nomor saringan | Ukuran | | Keterangan |
|----------------|--------|---------------|---|
| | Mm | Inchi | |
| - | 9,50 | $\frac{3}{8}$ | Satu set saringan untuk agregat halus (pasir) Berat minimum:500 gram |
| No.4 | 4,76 | - | |
| No.8 | 2,38 | - | |
| No.16 | 1,19 | - | |
| No.30 | 0,59 | - | |
| No.50 | 0,297 | - | |
| No.100 | 0,149 | - | |
| No.200 | 0,075 | - | |

Tabel L3: Perbandingan kekuatan beton berbagai umur (hari).

| Umur Beton | Faktor | Umur Beton | Faktor |
|------------|--------|------------|--------|
| 3 | 0,400 | 23 | 0,964 |
| 4 | 0,463 | 24 | 0,971 |
| 5 | 0,525 | 25 | 0,979 |
| 6 | 0,588 | 26 | 0,986 |
| 7 | 0,650 | 27 | 0,993 |
| 8 | 0,683 | 28 | 1,000 |
| 9 | 0,718 | 35 | 1,023 |
| 10 | 0,749 | 36 | 1,026 |
| 11 | 0,781 | 45 | 1,055 |
| 12 | 0,814 | 46 | 1,058 |
| 13 | 0,847 | 50 | 1,071 |
| 14 | 0,880 | 51 | 1,074 |
| 15 | 0,890 | 55 | 1,087 |
| 16 | 0,900 | 56 | 1,090 |
| 17 | 0,910 | 65 | 1,119 |
| 18 | 0,920 | 66 | 1,123 |
| 19 | 0,930 | 90 | 1,200 |
| 20 | 0,940 | 350 | 1,342 |
| 21 | 0,950 | 360 | 1,347 |
| 22 | 0,957 | 365 | 1,350 |

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa beberapa benda uji.

| Benda Uji | Perbandingan Kekuatan Tekan Beton |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Kubus 15 x 15 x 15 cm | 1,00 |
| Kubus 20 x 20 x 20 cm | 0,95 |
| Silinder Ø 15 x 30 cm | 0,83 |

LAMPIRAN
DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
LABORATORIUM BETON PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Semen Padang Tipe 1 PPC.



Gambar L4: Limbah gipsum sebelum proses penumbukan.



Gambar L5: Limbah gipsum yang sudah melewati proses penumbukan.



Gambar L6: Hasil pengujian slump test.



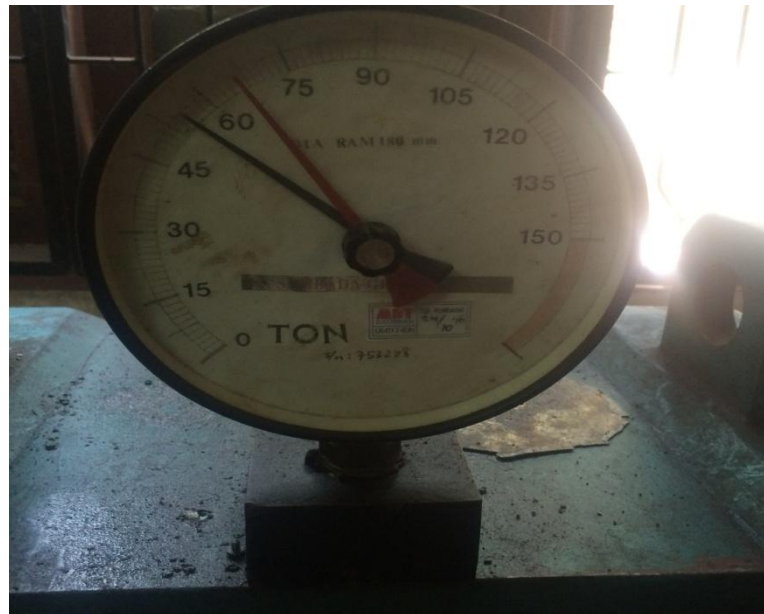
Gambar L7: Proses perendaman benda uji.



Gambar L8: Benda uji yang sedang dijemur.



Gambar L9: Beton sebelum diuji tekan.



Gambar L10: Beton setelah diuji tekan.



Gambar L11: Uji kuat tekan beton normal 28 hari: 81 T.



Gambar L12: Uji kuat tekan beton campuran limbah gipsum 14% 28 hari: 88,5 Ton.



Gambar L13: Uji kuat tekan beton campuran limbah gipsum 17% 28 hari: 93,75 Ton.



Gambar L14: Uji kuat tekan beton campuran limbah gipsum 20% 28 hari: 97,5 Ton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Ade Hasmudi
Panggilan : Ade
Tempat, Tanggal Lahir : Takengon, 12 Juli 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Arga Mulya, Kelurahan Bukit Kemuning, Kec. Jagong Jeget
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Warsino
Ibu : Anifah
No. HP : 0812-4690-5927

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa :1307210173
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi :Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

| No | Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|----|--|---|-----------------|
| 1 | RA | RA Al-Muhajirin di Jagong | 2001 |
| | SD | SD Negeri Jeget Kecamatan Jagong-Jeget, Kabupaten Aceh Tengah | 2007 |
| 2 | SMP | SMP Negeri 16 Takengon, Kabupaten Aceh Tengah | 2010 |
| 3 | SMA | SMA Negeri 5 Takengon, Kabupaten Aceh Tengah | 2013 |
| 4 | Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai. | | |