

**ANALISA PENGARUH DURASI DAN URUTAN CAMPURAN
AGREGAT TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

Disusun Oleh:
ILHAM IRWAN SAPUTRA
NPM : 148110058



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH DURASI DAN URUTAN CAMPURAN AGREGAT
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memproleh
Gelar Sarjana Teknik Universitas Medan Area**

Disusun Oleh :

ILHAM IRWAN SAPUTRA

NPM : 14.811.0058

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

Dosen Pembimbing II

(Ir. Hj. Nurmaidah, MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Faisal Amri Tanjung, SST., MT)

Ketua Program Studi



(Ir. Kamaluddin Eubis, MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 September 2019



ILHAM IRWAN SAPUTRA

NPM : 148110058

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ilham Irwan Saputra

NPM : 14.811.0058

Program Studi : Teknik Sipil

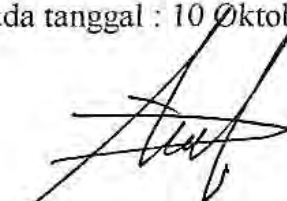
Fakultas : Teknik

Jenis Karta : Skripsi

Demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah yang berjudul “Analisa Pengaruh Durasi Dan Urutan Campuran Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 10 Oktober 2019



Ilham Irwan Saputra

14.811.0058

ABSTRAK

Beton seiring perkembangannya dalam hal konstruksi bangunan sering digunakan sebagai struktur seperti kolom, balok, pondasi atau plat, dan dapat digunakan untuk hal yang lainnya. Terutama dalam hal pengerjaan Campuran beton, pada umumnya adalah air, semen, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil), dimana pada proses pengerjaan campuran adukan beton sering pula terjadi suatu permasalahan dalam hal urutan pencampuran dan waktu perputaran pengadukan material bahan pembentuk beton menggunakan mesin molen. Pada pembuatan penelitian ini digunakan mutu beton K-225 dengan benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Maksud penulis melakukan penelitian ini untuk mempelajari pengaruh durasi dan urutan campuran terhadap nilai kuat tekan beton dengan tujuan untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang berbeda atau tidak dari proses penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh durasi waktu dan urutan pencampuran material pembentuk beton. formula pengerjaan beton menggunakan metode ACI dan SK SNI T-15-1990-03. Dari penelitian yang telah dilakukan, urutan pencampuran kerikil, pasir, semen, air menghasilkan kuat tekan akhir yang baik, jika dibandingkan dengan variasi lain dengan rata-rata 24,46 Mpa dan waktu pengadukan 4 menit, sehingga lebih besar dari kualitas rencana. Meskipun variasi air, pasir, kerikil, semen menghasilkan kekuatan tekan terendah dengan rata-rata 14,88 Mpa dan waktu pengadukan 20 menit sehingga kurang pada mutu rencana, tetapi masih dapat digunakan dilapangan. Semakin lama suatu pengadukan bukan berarti semakin baik hasilnya atau semakin cepat pengadukan dilakukan tidak berarti hasilnya buruk sehingga dalam hal pengerjaan adukan beton anda harus mencatat waktu perencanaan serta urutan pencampuran dalam menghasilkan kuat tekan yang baik.

Kata Kunci : Urutan Pencampuran, Waktu, Pergantian, Kekuatan Tekan

ABSTRACT

IlhamIrawanSaputra. 148110058. “The Analysis of the Influence of Duration and Aggregate Mixing Sequence towards the Concrete Compressive Strength”. Supervised by Ir. H. EdyHermanto, M.T. and Ir. Nurmaidah, M.T.

Concrete along its development in the building construction is often used as a structure such as columns, beams, foundations or plates, and can be used for other things. Especially in the production mixing of concrete, generally consist of water, cement, fine aggregate (sand), and coarse aggregate (gravel), where on the mixing concrete process experience the problem in mixing sequences and rotation time of stirring concrete forming material using the Molen machine. This study used the K-225 quality of concrete by the testing tool a cylinder in a 15 cm diameter and a 30 cm height. The aims of the study were to find out the influence of duration and mixture sequence towards the concrete compressive strength value and to find out the result of different compressive strength. It might not from the research process conducted to the influence of time duration and mixing sequence of concrete forming material. The concrete production formula used the ACI method and SK SNI T-15-1990-03. Then, based on the research been conducted, the mixing sequence of gravel, sand, cement, water obtained a good final compressive strength, compared to the other variations by 24.46 Mpa average and stirring time of 4 minutes, so it was higher than the quality plan. Although the variations of water, sand, gravel, cement obtained the lowest compressive strength by 14.88 Mpa average and stirring time of 20 minutes, so it was a lack in the quality plan, still can be used in the field. Thus, the longer the stirring did does not mean the better the result or the faster the stirring did does not mean the worse the result. So, in processing the stirring of concrete, it is needed to record the planning time also the mixing sequence to produce a good compressive strength.

Keywords: *Mixing Sequence, Time, Switch, Compressive Strength*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun ucapkan kepada Allah SWT karena atas berkat, karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan pengetahuan, pengalaman, kesehatan, dan kesempatan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Pengaruh Durasi Dan Urutan Campuran Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton”**.

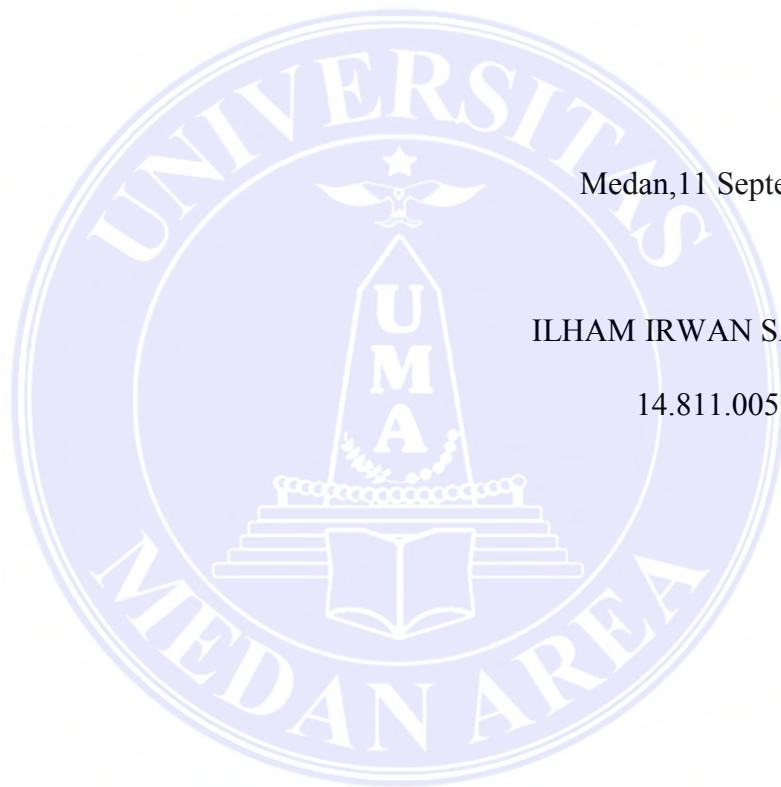
Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan akademik untuk meraih gelas strata satu (S1) bagi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Dalam upaya penulis skripsi ini penulis banyak mendapat masukan, dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, SST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir.Kamaluddin Lubis.MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT selaku Dosen Pembimbing I (satu), yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan bagi penyusun dalam melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Ir. Hj. Nurmaidah, MT selaku Dosen Pembimbing II (dua), yang selalu memberikan perhatian, bimbingan dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh staf yang ada di “Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara” yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melakukan penelitian.
7. Seluruh Dosen serta staf pegawai Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulis dalam pengajaran dan segala urusan serta administrasi.
8. Teristimewa, kepada kedua orang tua saya tercinta Ayahanda **Supriadi** dan Ibunda **Waslya**, serta seluruh keluarga besar saya yang telah memberikan doa, bantuan, dorongan semangat dan pengertian yang tulus, baik material dan spiritual, sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
9. Seluruh rekan-rekan sejawat Mahasiswa/i Teknik Sipil angkatan 2014 Universitas Medan Area dan teman-teman seperjuanganku M. Dwi Syawal Mahendi, Fiqhi Fauzi, Hadi Yusuf, Siddiq, Dodi Saputra, Ikhsan Bayhaqi, Yudistira Pradana, M. Fadil Ihcan, Dicky Irwanda, Agung Prayoga, Herya Ramadhani, Sonia Munthe, dan teman-teman kompleks surya haji, dll. yang telah banyak memberikan energy positif dan semangat kepada saya dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Dan seluruh pihak yang turut hadir membantu saya menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penulisan Skripsi penulis menyadari masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala Kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu pengetahuan serta masyarakat luas, khususnya di Indonesia.



Medan, 11 September 2019

ILHAM IRWAN SAPUTRA

14.811.0058

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Metode Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Pengertian Beton	8
2.2 Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas	28
2.3 Pengerjaan (workability)	31
2.4 Porositas	32
2.5 Bahan yang Digunakan	33
2.6 Pengerjaan Beton	34
2.7 Prosedur Pengujian di Laboratorium	46
2.8 Tahap Penelitian	49
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	55
3.1 Metode Penelitian	55

3.1.1	Persiapan Bahan	56
3.1.2	Pengujian Karakteristik Bahan	56
3.1.3	Perencanaan Campuran Beton.....	57
3.1.4	Benda Uji Dan Perawatan	58
3.1.5	Pengujian Benda Uji.....	58
3.1.6	Analisa Data Hasil Penelitian.....	59
3.2	Jenis Penelitian	59
3.3	Lokasi Penelitian	59
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	59
3.5	Pembuatan Benda Uji.....	61
3.6	Uji Slump.....	62
3.7	Perancangan Mix Desain Pembuatan Beton.....	64
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	68
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Dasar.....	68
4.1.1	Agregat Halus (pasir)	68
4.1.2	Agregat Kasar (kerikil)	74
4.1.3	Waktu Ikat Semen	80
4.2	Hasil Pengujian Slump Test	83
4.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	83
4.4	Hasil Analisa.....	100
4.4.1	Hasil Analisa Slump Test	100
4.4.5	Hasil Analisa Kuat Tekan.....	101
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1	Kesimpulan.....	103

5.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105

Lampiran



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kepadatan Beton Ringan	10
Tabel 2.2 Kelas Dan Mutu Beton.....	11
Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Halus (BS).....	12
Tabel 2.4 Presentase Komposisi Semen Portland	18
Tabel 2.5 Unsur-unsur Dalam Air Laut	19
Tabel 2.6 Waktu Pengadukan Minimal.....	40
Tabel 3.1 Perancangan Adukan Beton	67
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Ayakan Agregat Halus	68
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir	70
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Isi agregat Halus	72
Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Pasir	73
Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	73
Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Kerikil.....	74
Tabel 4.7 Hasil Ayakan Agregat Kasar.....	75
Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	77
Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	78
Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	79
Tabel 4.11 Waktu Ikat Semen.....	82
Tabel 4.12 Penetapan Nilai Slump Test.....	83
Tabel 4.13 Pengujian Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal	84
Tabel 4.14 Pengujian Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal	87
Tabel 4.15 Pengujian Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal	90
Tabel 4.16 Pengujian Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal	93

Tabel 4.17 Pengujian Kuat Tekan Karakteristik Beton Normal	96
Tabel 4.18 Urutan Tertinggi Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Tertinggi sampai Dengan Terendah	99



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah Gradasi Pasir Kasar.....	13
Gambar 2.2 Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar.....	13
Gambar 2.3 Daerah Gradasi Pasir Halus.....	14
Gambar 2.4 Daerah gradasi Pasir Agak Halus.....	14
Gambar 2.5 Universal Compression Mechine.....	49
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	60
Gambar 3.2 Pembuatan Benda Uji Bentuk Silinder.....	62
Gambar 3.3 Pengujian Slump Test.....	63
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pemeriksaan Ayakan Agregat Halus.....	69
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir.....	71
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat halus.....	72
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pemeriksaan kadar Lumpur kasar.....	75
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pemeriksaan Ayakan Agregat Kasar.....	76
Gambar 4.6 Grafik Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar.....	78
Gambar 4.7 Grafik Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil.....	79
Gambar 4.8 Grafik Waktu Ikat Semen.....	82
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Slump Test.....	101
Gambar 4.10 Grafik Kuat Tekan Rata-rata Beton.....	102

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat dengan perbandingan tertentu. Ada banyak aspek yang harus diperhatikan dalam menghasilkan beton berkekuatan tinggi. Tentunya dalam adukan beton yang direncanakan sedemikian rupa sehingga beton yang dihasilkan dapat dengan mudah dikerjakan. Beton harus mempunyai workabilitas (kinerja) yang tinggi, memiliki sifat kohesi yang tinggi saat dalam kondisi plastis (belum mengeras), sehingga beton yang dihasilkan kuat dan tahan lama. Parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah : kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antar pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton (Nawy, 1985)

Pada proses pembuatan adukan atau campuran beton sangat diperlukan perhatian pengendalian mutu beton. Sehingga dalam menentukan proporsi campuran yang baik di perlukan pengawasan dalam menghasilkan kekuatan tekan optimum serta mempelajari bagaimana pengaruh waktu dalam pelaksanaan proses pencampuran agregat, sehingga hasil survey lapangan (labor Dinas pekerjaan Umum) menyatakan bahwa waktu pengadukan atau pencampuran beton yang baik berkisar antara 2 – 4 menit. Sedangkan L.J. Murdock (1991) menyatakan bahwa waktu campur beton antara 1 sampai dengan 1,5 menit sudah memadai.

Mulyono (2005) menguraikan bahwa gradasi agregat campuran yang baik kadang sangat sulit didapatkan langsung dari quarry (Tambang). Sedangkan Obla dan Kim (2008) menguraikan bahwa campuran beton dengan kombinasi agregat menerus masih diperdebatkan. Di satu sisi pembuatan beton mensyaratkan workabilitas yang baik dengan kandungan udara yang kecil tahan terhadap segregasi, pengurangan susut (shrinkage) dan mengurangi efek panas hidrasi. Di sisi lain adanya kesulitan dalam mobilisasi agregat dari lokasi lain untuk memperoleh kombinasi agregat yang menerus dalam artian baik sehingga pada proses percampuran agregat sangatlah perlu di perhatikan dalam membentuk ikatan campuran agregat yang baik, menurut Tri Mulyono (2003) parameter-parameter yang paling berpengaruh dalam kekuatan beton adalah : kualitas semen yang digunakan, proporsi semen terhadap campuran, serta kekuatan dan kebersihan agregat.

Persyaratan susunan butir menurut Departemen Pekerjaan Umum, (1990a) membagi agregat halus dalam 4 zone, yang didasarkan pada kenyataan bahwa agregat halus yang terdapat di alam berada di antara salah satu dari susunan butir tersebut. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 - 40 mm. Menurut ukurannya, kerikil terbagi atas a) ukuran butir 5 - 10 mm disebut kerikil halus, b) ukuran butir 10 - 20 mm disebut kerikil sedang, c) ukuran butir 20 - 40 mm disebut kerikil kasar, d) ukuran butir 40 - 70 mm disebut kerikil kasar sekali, dan e) ukuran butir > 70 mm digunakan untuk konstruksi beton siklop (cyclopean beton).

Perencanaan pencampuran atau pengadukan beton yang diatur dalam SK SNI T-15-1990-03 memberikan syarat agregat halus terdiri dari empat zone dan agregat kasar terdiri dari 3 jenis. Sedangkan kombinasi dari pencampuran agregat halus dan agregat kasar belum diatur dalam SK SNI T-15-1990-03, namun hanya berdasarkan kebiasaan perencana. Sehingga pada penelitian ini, peneliti berinovasi dengan memvariasikan pencampuran material sebanyak lima variasi, diantaranya variasi 1 (kerikil, pasir, semen, air), variasi 2 (pasir, semen, air, kerikil), variasi 3 (semen, pasir, kerikil, air), variasi 4 (pasir, air, semen, kerikil), variasi 5 (air, pasir, kerikil, semen). Penelitian yang dilakukan di laboratorium bahan dan konstruksi Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, dengan jumlah benda uji sebanyak 25 benda uji, yang mana di setiap variasi berjumlah 5 benda uji.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk mengetahui kombinasi urutan perencanaan pencampuran agregat dalam menghasilkan sifat beton segar yang baik. Serta Pengaruh waktu dalam proses pengadukan beton, dalam menghasilkan kuat tekan beton yang berbeda-beda atau tidak. Selanjutnya perlu pula diketahui bahwa pengaruh kombinasi agregat berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

1.2 Maksud dan Tujuan

Ada pun maksud dari penelitian ini adalah untuk memahami proses pengaruh durasi dan urutan pencampuran agregat dalam menghasilkan kualitas kuat tekan beton yang baik, dengan tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

- a. Mengetahui apakah pengaruh dari setiap urutan variasi pencampuran agregat serta durasi waktu yang ditentukan dapat menghasilkan kuat tekan beton yang berbeda.
- b. Menghasilkan nilai kuat tekan beton yang optimum.

1.3 Rumusan Masalah

Dalam hal ini selaku penulis merumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Apakah dalam proses pengurutan pencampuran agregat dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang berbeda – beda.
- b. Apakah dengan durasi waktu yang digunakan dalam proses pengadukan campuran beton tersebut dapat menghasilkan nilai kuat tekan yang baik.
- c. Untuk Mengetahui nilai kuat tekan rencana yang diambil apakah melebihi atau kurang dari apa yang direncanakan.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang diteliti dibatasi pada :

1. Menguji kuat tekan beton normal
2. Benda uji berbentuk silinder beton normal (\varnothing 15cm dan tinggi 30 cm)
3. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman
4. Pengujian nilai kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari
5. Alat untuk pengujian tekan beton menggunakan alat Compression Testing Machine (CTM)

1.5 Metode Penelitian

Adapun metode yang dilakukan di dalam penelitian, yaitu :

a. Metode primer

Nyaitu data-data yang diperoleh dari sumber lokasi penelitian secara langsung, seperti : analisa data dilapangan, pembuatan adukan beton, proses uji kuat beton, dll.

Dalam pelaksanaan penelitian yang dilakukan dilapangan, pada metode ini akan dirangkum tahap dalam penelitian tersebut, yaitu :

1. Tahap Pelaksanaan

Dalam tahap pelaksanaan ini akan dibahas tentang penjabaran variasi mulai dari urutan-urutannya, dan waktu dalam pencampuran.

Variasi Agregat dan Waktu pelaksanaan :

1. Variasi (Kerikil, Pasir, Semen, dan Air) waktu pelaksanaan adukan 1 menit per satu agregat, maka total waktu pengadukan seluruh agregat 4 menit.
2. Variasi (Pasir, Semen, Air, dan Kerikil) waktu pelaksanaan adukan 2 menit per satu agregat, maka total pengadukan seluruh agregat 8 menit.
3. Variasi (Semen, Pasir, Kerikil, dan Air) waktu pelaksanaan adukan 3 menit per satu agregat, maka total pengadukan seluruh agregat 12 menit.

4. Variasi (Pasir, Air, Semen, dan Kerikil) waktu pelaksanaan adukan 4 menit per satu agregat, maka total pengadukan seluruh agregat 16 menit.
5. Variasi (Air, Pasir, Kerikil, dan Semen) waktu pelaksanaan adukan 5 menit per satu agregat, maka total pengadukan seluruh agregat 20 menit.

Pelaksanaan Adukan Beton :

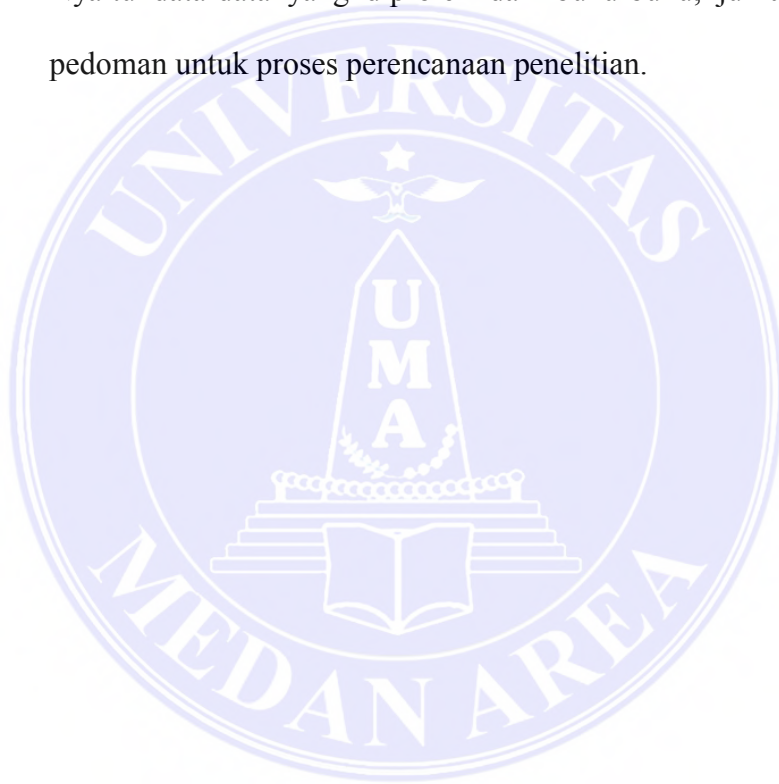
Tahap pertama pelaksanaan penelitian pada variasi 1 akan dijelaskan disini, digunakan waktu pelaksanaan pengadukan 1 menit, dimana setiap per satu agregat seperti (Kerikil, Pasir, Semen, Air) yang dimasukkan kedalam adukan molen dihitung 1 menit per agregat. misal : dalam pelaksanaan adukan beton pada variasi 1 (pertama), dimana molen dalam keadaan berputar, kemudian masukan agregat yang pertama nyaitu (kerikil) ke dalam molen, waktu yang dihitung menggunakan Stopwatch selama 1 menit pengadukan, setelah berselang 1 menit, masukan agregat kedua nyaitu (Pasir) waktu yang digunakan 1 menit pengadukan didalam molen, setelah berselang 1 menit, masukan agregat ketiga nyaitu (Semen) dengan waktu pengadukan 1 menit, setelah berselang 1 menit pengadukan, masukan agregat yang keempat atau terakhir nyaitu (Air) dengan pengadukan 1 menit, setelah berselang 1 menit pengadukan didalam molen, digunakan waktu 1,5 menit untuk perataan seluruh adukan didalam molen, setelah selesai

pengadukan seluruhnya maka dituang didalam cetakan beton. Jadi total waktu pencampuran agregat yang digunakan seluruhnya nyaitu 4 menit pengadukan.

Begitu seterusnya untuk varaisi 2, 3, 4, dan 5 dalam proses urutan pengadukan dan waktu pencampuran agregat.

b. Metode skunder

Nyaitu data-data yang diperoleh dari buku-buku, jurnal, dll sebagai pedoman untuk proses perencanaan penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian beton

Menurut (SNI-2847:2013), beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'_c) pada usia 28 hari.

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan dengan atau bahan tambah (*admixture*) apabila diperlukan. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat. Variasi ukuran agregat dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik sesuai dengan standar analisa saringan dari ASTM (*American Society of Testing Materials*). Bahan – bahan dipilih yang sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan. Pemilihan bahan ini sendiri akan mempengaruhi konstruksi dari segi kemudahan pengerjaan (*workability*), karena dari segi kemudahan pengerjaan ini sendiri terdapat banyak variasi yang memenuhi yaitu dari segi kualitas, harga dan mutu beton itu sendiri.

Dalam usaha untuk memahami karakteristik bahan penyusun campuran beton sebagai dasar perancangan beton. Departemen Pekerjaan Umum melalui LPMB banyak mempublikasikan standar-standar yang berlaku. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau

tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1).

Masalah yang dihadapi oleh seorang perencana adalah bagaimana merencanakan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton tersebut agar dapat memenuhi spesifikasi teknik yang ditentukan (sesuai dengan spesifikasi teknik dalam kontrak atau permintaan pemilik).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah : a). Kualitas semen, b). Proporsi semen terhadap campuran, c). Kekuatan dan kebersihan agregat, d). Interaksi dan adhesi antara pasta semen dengan agregat, e). Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, f). Penetapan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton, g). Perawatan beton, h). Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dari 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985: 24)(Mulyono, 2004: 4)

A. Beton ringan

Beton merupakan bahan dari campuran antara semen, agregat halus dan kasar, serta air dengan adanya rongga-rongga udara. Bahan- bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa. Umumnya komposisi material pembentuk beton dan kemampuan beton normal adalah : agregat kasar + halus (60 -80 %), semen (7 – 15 %), udara (1 – 8 %), air (14 – 21 %).

Beton ringan adalah beton yang dihasilkan oleh agregat ringan. Agregat ringan adalah agregat dengan berat jenis rendah. Keuntungan dari struktur yang memakai agregat ringan adalah struktur yang mempunyai berat sendiri ringan sehingga beban yang akan disalurkan pada struktur bawah akan

menjadi lebih ringan. Dan selanjutnya pondasi akan menerima beban yang ringan dan dimensi pondasi dapat diperkecil. Namun penggunaan beton ringan juga disesuaikan dengan kepadatan dan kekuatannya sesuai tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Klasifikasi Kepadatan Beton Ringan

No.	Kategori Beton Ringan	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Unit Tipikal Tekan Beton	Kuat Tipikal Aplikasi
1	Non Struktural	300 – 1100	< 7 Mpa	Insulating Material
2	Non Struktural	1100 – 1600	7 - 14 Mpa	Unit Masonry
3	Struktural	1450 – 1900	17 - 35 Mpa	Struktural
4	Normal	2100 – 2550	20 - 40 Mpa	Struktural

Sumber : (pengujian kuat tekan mortar dan beton ringan dengan menggunakan agregat ringan batu apung dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen, 2016)

Menurut Murdock, L.J dan Brook, K. M, dalam Bahan dan Praktek Beton, ada banyak cara yang dilakukan untuk menghasilkan beton ringan, tetapi ini semua tergantung adanya rongga udara dalam agregat atau pembentukan rongga udara dalam beton dengan menghilangkan agregat halus, atau pembentukan rongga udara dalam pasta semen dengan menambahkan beberapa bahan yang menyebabkan busa, dan pada beberapa jenis beton ringan, kedua cara tersebut dapat dikombinasikan. Beton ringan juga tidak hanya diperhitungkan karena memiliki berat yang ringan, tetapi juga karena isolasi suhu yang tinggi dibandingkan dengan beton biasa. Umumnya pengurangan kepadatan diikuti oleh kenaikan isolasi suhu, meskipun tentu saja diikuti pula oleh penurunan kekuatan.

B. Klasifikasi beton

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, Beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu

beton (Mulyono, 2003). Menurut PBI'71 Beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	V ['] bk (kg/cm ²)	V ['] bm dgn.s=46 (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap	
					Mutu agregat	Kekuatan tekan
I	Bo	-	-	Non- struktur	Ringan	Tanpa
II	B1			Struktural	Sedang	Tanpa
	K125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinue
	K175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinue
	K225	225	300	Struktural	Ketat	Kontinue
III	K225	225	300	Struktural	Ketat	Kontinue

Sumber : (Peraturan beton bertulang indonesia, 1971: hal 34)

C. Materi Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Navy, 1985:8). Sehingga untuk memahami dan mempelajari perilaku beton, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

a. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam.

Pada beton biasanya terdapat sekitar 70% sampai 80 % volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, karena itu agregat mempunyai peranan yang penting dalam propertis suatu beton (Mindess et al., 2003).

Agregat ini harus 13 bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998).

Pada umumnya, semangkin padat agregat-agregat tersebut tersusun, semangkin kuat pula beton yang dihasilkannya, daya tahannya terhadap cuaca dan nilai ekonomis dari beton tersebut. Atas dasar inilah gradasi dari ukuran-ukuran partikel dalam agregat mempunyai peranan yang sangat penting untuk menghasilkan susunan beton padat. Faktor penting yang lainnya ialah bahwa permukaannya haruslah bebas dari kotoran seperti tanah liat, lumpur, dan zat organik yang akan memperoleh ikatannya dengan adukan semen dan juga tidak boleh terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan diantara material tersebut dengan semen. Terdapat dua jenis agregat yaitu :

1. Agregat Halus (Pasir Alami dan Buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm (ASTM C 125 – 06). Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay (SK SNI T-15-1991-03).

Tabel 2.3 *batas gradasi agregat halus (BS)*

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100

2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

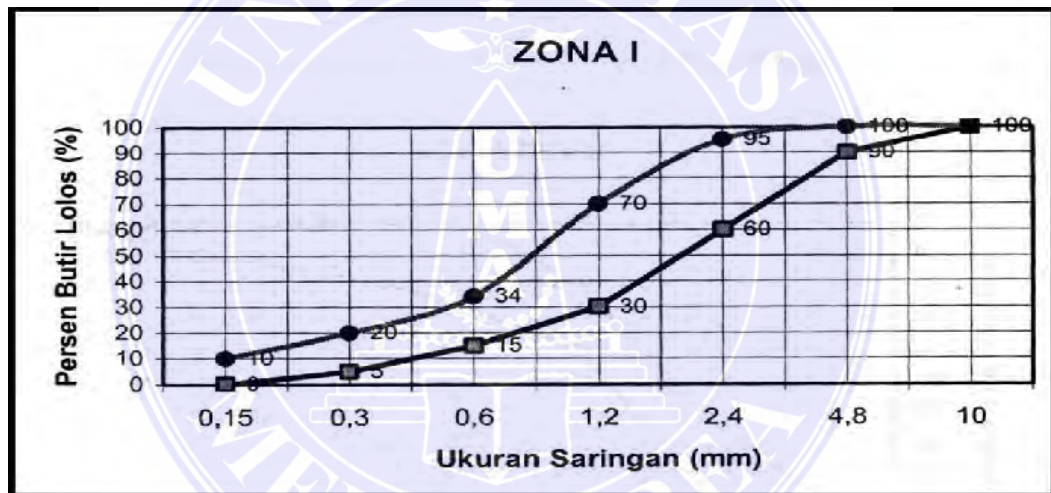
Sumber : (Mulyono, 2004: hal 91)

Keterangan : Daerah gradasi I = Pasir Kasar

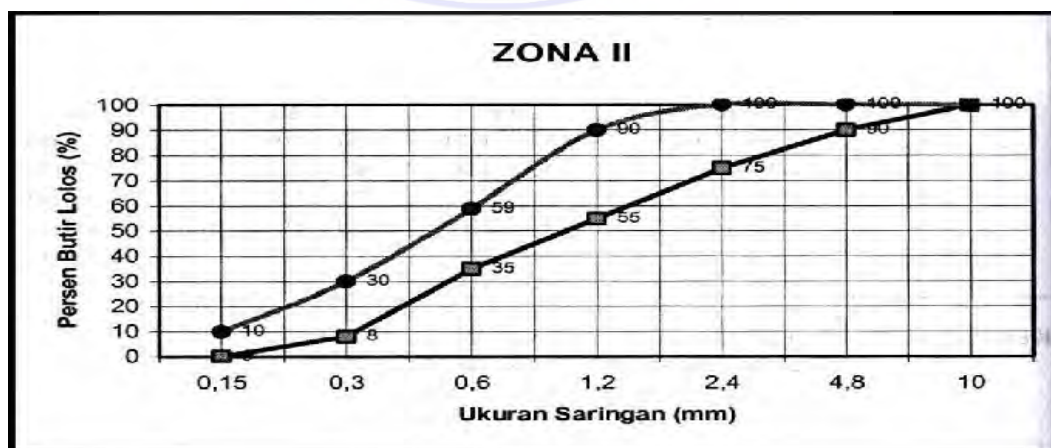
Daerah gradasi II = Pasir Agak Kasar

Daerah gradasi III = Pasir Halus

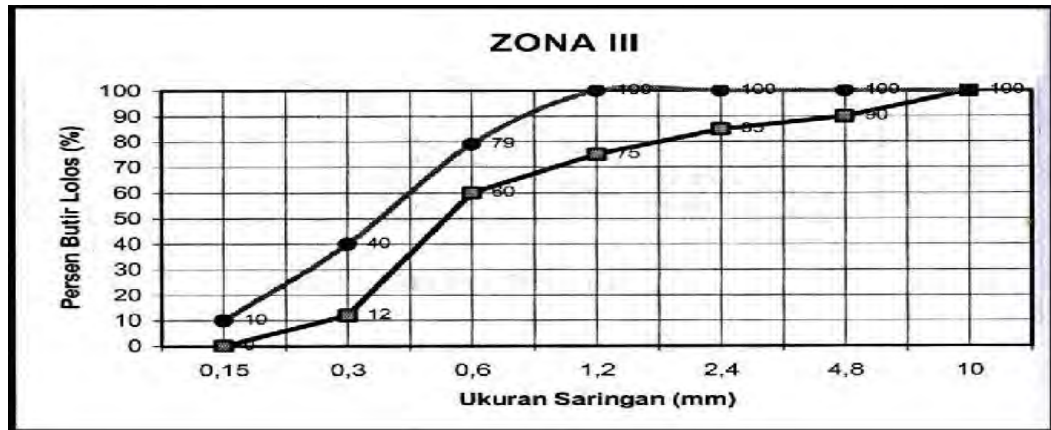
Daerah gradasi IV = Pasir Agak Halus



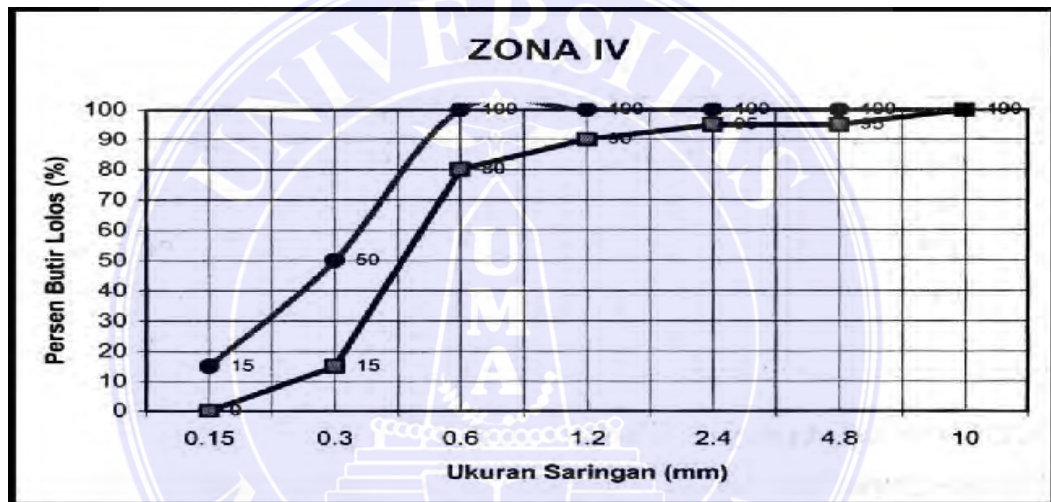
Gambar 2.1.a : Daerah Gradasi Pasir Kasar



Gambar 2.2.b : Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar



Gambar 2.3.c : Daerah Gradasi Pasir Halus



Gambar 2.4.d : Daerah gradasi Pasir Agak Halus

2. Agregat Kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan dari blast furnace)

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm. Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain :

- a. Harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.
- b. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

- c. Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.
- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

- a. Menghemat penggunaan semen portland.
- b. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
- c. Mengurangi susut pengerasan.
- d. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
- e. Mengontrol workability adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik. (Paul Nugraha & Antoni, 1995)

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 tentang tata cara pencampuran beton kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar, dan pasir kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Hal ini dikarenakan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antara agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.

3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 15% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
5. Gradasinya harus memenuhi syarat,

b. Semen

Semen yang biasa digunakan adalah semen portland yaitu semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikatis hidrolis dan bahan tambahan berbentuk kalsium sulfat. Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat (SiO₂), alumina (Al₂O₃), ferro oksida (Fe₂O₃), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil (Lea and Desch, 1940). Massa jenis semen yang diisyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm³, pada kenyataannya massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3,03 gr/cm³ sampai 3,25 gr/cm³. Variasi ini akan berpengaruh proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian massa jenis ini dapat dilakukan menggunakan Le Chatelier Flask (ASTM C 348-97). Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting. Semen

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

Berkaitan dengan masalah keawetan (durability) beton, maka dibedakan atas lima tipe semen, yaitu:

- a. Tipe I : Semen biasa (normal) digunakan untuk beton yang tidak dipengaruhi oleh lingkungan, seperti sulfat, perbedaan suhu yang ekstrim.
- b. Tipe II : Digunakan untuk pencegahan terhadap serangan sulfat dari lingkungan, seperti untuk struktur bawah tanah.
- c. Tipe III : Beton yang dihasilkan mempunyai waktu perkerasan yang cepat (high early strength).
- d. Tipe IV : Beton yang dibuat akan memberikan panas hidrasi rendah, cocok untuk pekerjaan beton massa.
- e. Tipe V : Semen ini cocok untuk beton yang menahan serangan sulfat dengan kadar tinggi.

Tabel 2.4 *Persentase Komposisi Semen Portland*

	Komposisi dalam persen (%)							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua tujuan
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Relatif sedikit penelepasan panas, di gunakan untuk struktur besar.

Tipe III, Kekuatan Awal Tinggi	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
Tipe IV, Panas Hidrasi Rendah	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Di pakai pada bendungan beton
Tipe V, Tahan Sulfat	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspose terhadap sulfat

Sumber : (Mulyono, 2004: hal 39)

c. Air

Dalam pembuatan beton, air menjadi sangat penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan naik ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapisan-lapisan beton dan membuat menjadi lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 5 gram/liter
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air laut terutama yang tidak baik digunakan untuk beton yang ditanami almunium di dalamnya, neton yang memakai tulangan atau yang muda mengalami korosi pada tulangnya akibat perubahan panas (temperatur) dan lingkungan yang lembab (ACI 3318-89:2-2).

Tabel 2.5 Unsur-unsur dalam air laut

Unsur Kimia	Kandungan (ppm)
Clorida (Cl)	19.000
Natrium (Na)	10.600
Magnesium (Mg)	1.270
Sulfur (S)	880
Calium (Ca)	400
Kalsium (K)	380
Bron (Br)	65
Carbon (C)	28
Cr	13
B	4,6

Sumber : (Mulyono, 2004: Hal 53)

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika kadar air yang digunakan terlalu banyak

maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras. Untuk memperoleh kepadatan beton dengan rasio air semen yang rendah sebaiknya menggunakan alat adukan (*vibrator*). Menjaga kelembaban dan panas agar dapat konstan sewaktu proses hidrasi berlangsung, misalnya dengan menutup permukaan dengan karung basah.

D. Jenis – Jenis Beton

a. Beton Ringan

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu-bara, dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik (Holm, 1994: 522). Berat jenis agregat ringan sekira 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaannya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa (ACI-318). SNI memberikan batasan kriteria beton ringan sebesar 1900 kg/m^3 .

b. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Beton yang mempunyai berat yang tinggi ini biasanya digunakan untuk kepentingan tertentu seperti menahan radiasi, menahan benturan dan lainnya. ASTM C.638 memberikan suatu deskripsi mengenai pertimbangan penggunaan agregat untuk kepentingan beton yang menahan radiasi. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar, biasanya lebih dari 4.0

dibandingkan dengan agregat biasa dengan berat jenis 2.6. agregat yang mempunyai berat jenis yang besar seperti barium sulfat yaitu 4.1 atau agregat alam dengan bahan lainnya seperti biji besi, magnetit, limonite, hematite, ilmenite (FeTiO_3) sebagai agregat halus dan goethite beton yang dihasilkan menggunakan biji besi dapat mencapai 3000 – 3900 kg/m^3 (Neville, 1981)

c. Beton Massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, jembatan, dll. Batuan yang digunakan dapat lebih besar dari yang disyaratkan sampai 150 mm, dengan slump rendah yang akan mengurangi jumlah semen. Pengalaman menunjukkan semen yang dipakai 5 zak/kubiknya. Pelaksanaan membutuhkan alat getar dan manpower yang banyak. Karena rendahnya nilai slump maka panas hidrasi menjadi penting (*the heat of hydration*) diperhatikan, agar tidak retak – retak).

d. Beton Serat (*fibre concrete*)

Merupakan campuran beton ditambah serat, umumnya berupa batang – batang dengan ukuran 5 - 500 μm , dengan panjang sekitar 25 mm. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (poly-propylene), atau potongan kawat baja. Kelemahannya sulit dikerjakan, namun lebih banyak kelebihanannya antara lain kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktilitas, dan tahan benturan.

Kebutuhan akan bahan serat dalam pembuatan serat semen selama ini dipenuhi dengan menggunakan bahan serat asbes, sehingga di kenal dengan lembaran asbes semen rata. sampai saat ini bahan serat asbes ini masih diimport, sehingga harga jual produknya menjadi mahal. Jenis penutup langit-langit lain

yang termasuk murah dan mudah pembuatannya serta sudah lama dikenal masyarakat secara luas adalah serat semen atau yang lazimnya dikenal dengan nama eternit. Bahan serat yang digunakan dalam pembuatannya adalah serat sisa benang. Serat ini lebih ekonomis walaupun secara kualitas masih dibawa serat asbes. Untuk daerah pulau jawa di mana industri pertekstilan telah berkembang dengan pesat, pemanfaatan sisa benang ini menjadi sangat berguna. Tetapi untuk di daerah luar pulau jawa perlu dijajagi penggunaan serat alam lain yang mudah dan banyak diperoleh. Serat alam ini antara lain adalah serat sabut kelapa dan ijuk yang mempunyai kat tarik setara dengan serat polypropelene dan keawetannya sangat baik.

E. Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 Mpa. Tahun 1960 – 1970an, kriterianya naik menjadi 40 Mpa. Saat ini beton dikatakan beton mutu tinggi jika kekuatan tekannya diatas 50 Mpa dan diatas 80 Mpa adalah beton mutu sangat tinggi (supartono, 1998). Dua dekade terakhir ini orang berbicara mengenai beton mutu tinggi seperti di Chicago, Seattle dan lainnya. (M.S. Besari, 2003). Sebenarnya sudah sejak lama beton mutu tinggi berhasil di produksi sebagai pekerjaan-pekerjaan khusus di beberapa negara maju.

Banyak parameter yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, diantaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air-semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi pula. Beton segar yang dihasilkan dengan

memperhatikan parameter tersebut biasanya sangat kaku, sehingga sulit dibentuk dan dikerjakan terutama pada pengerjaan pemadatan. Dengan semakin banyaknya pabrikan yang menghasilkan bahan *admixture* sebagai bahan pengencer dari beton yang berefek mencairkan beton tanpa menambah campuran air dalam beton, maka hal ini menjadi masalah (M.S. Besari, 2003).

Kekuatan tekan akhir sebuah beton keras akan ditentukan oleh konstituen yang terlemah. Konstituen utama beton padat terdiri dari agregat kasar yang biasanya berbentuk batu dan matriks semen-pasir. Namun demikian, masih ada konstituen lain yang secara tidak langsung (*inherent*) berpengaruh pada proses pembuatan beton, yaitu interfece antara agregat kasar dengan matrix semen-pasir. *Interface* merupakan suatu daerah peralihan sebesar 30 μm sekeliling agregat kasar. Pengamatan citra SEM (*Scanning Electro Microscope*) menunjukkan bahwa terjadi pembentukan banyak kristal kalsium hidroksida yang lemah pada interface pada saat proses pengerasat beton.

a. Faktor yang Harus Diperhatikan

Pada umumnya ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan dalam menghasilkan sebuah beton yang bermutu tinggi, meliputi faktor air semen (FAS), kualitas agregat halus, kualitas agregat kasar, dan penggunaan bahan tambah baik *admixture* (kimia) maupun aditif (mineral).

1. Faktor Air Semen (FAS)

Secara umum, semakin besar nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Dengan demikian, untuk menghasilkan

sebuah beton yang bermutu tinggi FAS dalam beton haruslah rendah. Sayangnya hal ini menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya. Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0.4 dan nilai maksimumnya 0.65. Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi.

2. Kualitas Agregat Halus

Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Tekstur permukaan agregat halus yang bertekstur halus akan lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat dengan permukaan kasar.

Modulus halus butir (*finnes modulus*) atau yang biasa disingkat MHB ialah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal (retained) di atas suatu set ayakan (38, 19, 9.6, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, dan 0.15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi 100 (Ambrams, 1918). Semakin besar nilai MHB suatu agregat, semakin besar butir agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB 1.50 – 3.8. hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai $MHB < 2.5 < MHB < 3.0$ umumnya menghasilkan beton mutu tinggi dengan FAS yang

rendah dan mempunyai kekuatan tekan dan kelecakan yang optimal (Larrard, 1990).

3. Kualitas Agregat Kasar

Kekuatan agregat bervariasi dalam batas yang besar. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua hal. Pertama, karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak baik dalam hal pengikatan (*interlocking*). Granite misalnya, terdiri dari bahan yang kuat dan keras yaitu kristal *quartz* dan *feldspar*, tetapi bersifat kurang kuat dan modulus elastisitasnya lebih rendah daripada *gabbros* dan *diabases* karena butir – butir granite tidak terikat dengan baik. Kedua, porositas yang besar yang akan mempengaruhi keuletan atau ketahanan terhadap beban kejut. Dalam hal pemilihan agregat kasar, porositas yang rendah merupakan faktor yang menentukan untuk menghasilkan suatu adukan beton yang seragam, dalam artian mempunyai keteraturan dan keseragaman yang baik pada mutu maupun parameter lain yang dibutuhkan.

Ukuran butir maksimum agregat juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Hasil penelitian Larrard (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. Namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya.

4. Bahan Tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sedangkan bahan tambah *additive* ditambahkan saat pengadukan dilakukan.

Bahan tambah yang banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja beton mutu tinggi umumnya yang bersifat memperbaiki kekecekan. Bahan tambah ini dikelompokkan kedalam *high range water reducing admixtures* (HRWRA). WRA adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. WRA digunakan antara lain untuk dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau faktor air semen (WCR) yang rendah. Dengan tidak merubah kadar semen yang digunakan dengan faktor air semen yang tetap maka nilai slump yang dihasilkan dapat lebih tinggi.

5. Kontrol Kualitas

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

Pengawasan dan pengendalian yang tepat dari keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal akan lebih meningkatkan kualitas mutu beton yang dihasilkan.

a. Kendala dan Permasalahan Yang Sering Terjadi

Pelaksanaan untuk membentuk beton yang bermutu tinggi di Indonesia saat ini masih menunjukkan banyak kendala dan permasalahan, terutama yang berhubungan dengan kekuatan tekannya. Berdasarkan pengamatan di lapangan, permasalahan tersebut pada umumnya dapat dikelompokkan dalam beberapa aspek yaitu (Supartono, 1998) :

1. Kegagalan mutu beton mencapai target kuat tekan sebagaimana yang disyaratkan, terutama untuk beton cor ditempat dengan kuat tekan lebih dari 60 Mpa.
2. Keseragaman dan ketidakteraturan mutu dan kelecakan beton yang dihasilkan masih sangat kecil.
3. Kehilangan nilai slump antara saat pengadukan sampai penuangan beton.

Beton dengan kuat tekan lebih besar dari 60 Mpa, bahkan 100 Mpa sudah dapat dihasilkan di laboratorium. Akan tetapi, saat diimplementasikan dilapangan dan nilai efisiensi dianggap 0.85, kekuatan tekan yang dihasilkan belum mencapai 85% dari kekuatan tekan yang dihasilkan di laboratorium. Permasalahannya

terutama terletak pada permasalahan pengendalian mutu proses produksi beton, yang semestinya dilaksanakan secara menyeluruh dan sangat ketat, mulai dari saat pengendalian dan kontrol pengadaan dan pengujian material sampai saat penuangan dan pengerjaan terakhir.

2.2 Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian 19 kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat compression testing machine.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu :

1. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu :

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (workability).

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan

beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004).

2. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, serapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

3. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan mix design dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

4. Bahan tambah

Bahan tambah (additive) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah (additive) lebih banyak digunakan untuk penyemenan (cementitious), jadi digunakan untuk perbaikan kinerja. Menurut standar ASTM C 494/C494M-05a, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu :

- a. *Water reducing admixtures*
- b. *Retarding admixtures*
- c. *Accelerating admixtures*

- d. *Water reducing and retarding admixtures*
- e. *Water reducing and accelerating admixtures*
- f. *Water reducing and high range admixtures*
- g. *Water reducing, high range and retarding admixtures*

Kuat tekan beton merupakan sifat yang paling penting dalam beton keras, dan umumnya dipertimbangkan dalam perencanaan campuran beton. Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SK SNI03-1974-1990).

Kuat tekan dan modulus elastisitas beton merupakan parameter utama untuk menentukan mutu beton. Tolak ukur yang umum dari sifat elastic suatu bahan adalah modulus elastisitas yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan.

Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young. Modulus elastisitas pada beton bervariasi. Ada beberapa hal yang mempengaruhi modulus elastisitas beton antara lain kelembaban, agregat, umur beton, dan mix design beton.

Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton dihitung dengan membagi kuat tekan maksimum yang diterima benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang.

$$f'_{ci} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

f'_{ci} = kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang ke i (N/mm²)

P = gaya tekan aksial (Newton, N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm²)

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Kardiyono

Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Pengaruh mutu semen Portland.
2. Pengaruh dari perbandingan adukan beton.
3. Pengaruh air untuk membuat adukan.
4. Pengaruh umur beton.
5. Pengaruh waktu pencampuran.
6. Pengaruh perawatan dan Pengaruh bahan campuran tambah.

2.3 Pengerjaan (Workability)

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

- a. Plasticity, artinya adukan beton harus cukup plastis (Kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.

- b. Cohesiveness, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan.
- c. Fluidity, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
- d. Mobility, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak / berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. Dalam praktek ada tiga macam tipe slump yang terjadi yaitu:

- a. Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- b. Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- c. Slump runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

2.4 Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume lubang-lubang kosong yang dimiliki oleh zat padat (volume kosong) dengan jumlah dari volume zat yang di tempati oleh zat padat.

Porositas pada suatu material dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. Besarnya porositas pada suatu material bervariasi mulai dari 0 % sampai dengan 90 % tergantung dari jenis dan aplikasi material tersebut. Porositas tertutup pada umumnya sulit untuk ditentukan pori tersebut merupakan rongga yang terjebak didalam padatan dan serta tidak ada akses ke permukaan luar, sedangkan porositas terbuka ada akses ke permukaan luar, walaupun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan.

2.5 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen Portland

Semen yang digunakan adalah semen Portland type I merk Baturaja dalam kemasan 50 kg/zak yang diperoleh dari toko dalam keadaan baik dan tertutup rapat.

2. Agregat Halus

Pasir yang dipakai berasal dari binjai. Ukuran untuk agregat halus yang dipakai mempunyai modulus kehalusan 2,5 – 2,8 mm. Agregat halus ini diuji kadar lumpur, kadar air, berat jenis SSD, berat volume, berat jenis kering dan penyerapan agregat.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar diperoleh dari binjai, berdiameter maks 20 mm. Agregat ini diperiksa : kadar air, berat jenis SSD, modulus kehalusan butir, berat volume dan penyerapan air agregat. Pemeriksaan berat jenis,

penyerapan air agregat kasar/halus, berat volume dan modulus kehalusan butir digunakan untuk data perancangan campuran beton.

4. Air

Air yang dipakai harus bebas dari unsur-unsur kimia dan memenuhi syarat untuk konsumsi air minum.

2.6 Pengerjaan Beton

pencampuran bahan – bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan – bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan, pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di labolatorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengelolaan beton perlu diperhatikan. Cara pengelolaan ini akan menentukan kualitas dari beton yang akan dibuat. Adapun tahapan dalam pelaksanaan dilapangan meliputi:

a. Persiapan

Sebelum penuangan beton dilaksanakan, hal-hal berikut ini harus terlebih dahulu harus di perhatikan (PB,1989:27).

- 1) Semua peralatan untuk pegadukan dan pengangkutan beton harus bersih.
- 2) Ruang yang akan diisi dengan beton harus bebas dari kotoran-kotoran yang mengganggu.
- 3) Untuk memudahkan pembukaan acuan, permukaan dalam acuan boleh dilapisi dengan bahan khusus, antara lain lapisan minyak

mineral, lapisan bahan kimia (*form release agent*) atau lembaran *polyurethane*.

- 4) Pasangan dinding bata yang berhubungan langsung dengan beton harus dibasahi air sampai jenuh.
- 5) Tulangan harus dalam keadaan bersih dan bebas dari segala lapisan penutup yang dapat merusak beton atau mengurangi lekatan antara beton dengan tulangan.
- 6) Air yang terdapat pada ruang yang akan diisi beton harus dibuang, kecuali apabila penuangan dilakukan dengan tremi atau telah seijin pengawas ahli.
- 7) Semua kotoran, serpihan beton dan material yang menempel pada permukaan beton yang telah mengeras harus dibuang sebelum beton yang baru dituangkan pada permukaan beton yang telah mengeras tersebut.

Pada kasus-kasus tertentu, persiapan lebih detail harus juga dilakukan. Untuk pengerjaan beton pre-stressing misalnya, persiapan akan bahan-bahan kimia seperti *bonding agent* untuk perekat antara lapisan beton yang baru dengan lapisan beton yang lama, ataupun *cement grouting* untuk memperbaiki bagian-bagian yang keropos akibat kurangnya pemadatan atau karena terjadinya segregasi harus dilakukan.

b. Penakaran

Penakaran bahan-bahan penyusun beton yang dihasilkan dari hasil rancangan harus mengikuti ketentuan yang tertuang dalam pasal (3.3.2) SK.SNI.T-28-1991-03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton dan ASTM C.685 *Standard Made By volumetric Batching and Continuous Mixing* serta ASTM.94 sebagai berikut:

1. Beton yang mempunyai kekuatan tekan ($f'c$) lebih besar atau sama dengan 20 Mpa proporsi penakarannya harus didasarkan atas penakaran berat.
2. Beton yang mempunyai kekuatan tekan ($f'c$) lebih kecil dari 20 Mpa proporsi penakarannya boleh menggunakan teknik penakaran volume. Tekniknya harus didasarkan atas penakaran berat yang dikonversikan kedalam penakaran volume untuk setiap campuran bahan penyusun.

c. Pengadukan (*mixing*)

Setelah didapatkan komposisi yang direncanakan untuk kuat tekan tertentu, maka proses selanjutnya adalah pencampuran di lapangan. Komposisinya disesuaikan dengan kapasitas alat adukan. Secara umum pengadukan dilakukan sampai mendapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton segar. Indikasinya adalah warna adukan merata, kelecakan yang cukup, dan tanpak homogen.

Selama proses pengadukan, harus dilakukan pendataan rinci mengenai: 1). Jumlah *batch*-aduk yang dihasilkan, 2). Proporsi

material, 3). Perkiraan lokasi dari penuangan akhir pada struktur, dan
4). Waktu dan tanggal pengadukan serta penuangan.

Metode pengadukan dapat dibedakan menjadi dua yaitu manual dan dengan mesinal. Pengadukan manual dilakukan dengan tangan, sedangkan pengadukan dengan mesin memanfaatkan bantuan alat aduk seperti molen atau *batching plant*. Pengadukan dengan tangan biasanya dilakukan jika kebutuhan akan beton lebih kecil dari 10 m³ dalam satu periode yang pendek. Menurut SNI, jika kebutuhan adukan lebih kecil dari 10, dapat digunakan campuran dengan perbandingan 1:2:3, tetapi untuk kebutuhan beton lebih besar dari 10 m³, desain campurannya harus direncanakan.

1. Pengadukan Manual

Berikut ini adalah tata cara pengadukan manual:

- a. Pasir dengan semen dicampur (dalam keadaan kering) dengan komposisi tertentu, diatas tempat yang datar dan kedap air.
- b. Pencampuran dilakukan sampai didapatkan warna yang homogen.
- c. Tambahkan kerikil, kemudian lakukan pencampuran lagi.
- d. Alat bantu yang digunakan dapat berupa sekop, cangkul, ataupun alat gali lainnya.

- e. Buat lubang di tengah adukan, tambahkan kira-kira 75% dari kebutuhan air.
- f. Aduk hingga rata dan tambahkan sedikit-demi sedikit air yang tersisa.

2. Pengadukan dengan Mesin

Jika ditinjau dari sisi ekonomi, penggunaan mesin aduk untuk pengerjaan beton yang besar justru akan menurunkan biaya (cost). Campuran beton yang dihasilkan pun biasanya akan bersifat lebih homogen dan plastis. Pengadukan dengan mesin ini dilakukan sesuai dengan manual alat aduknya.

Secara umum, pengadukan dengan mesin harus dilakukan menggunakan mesin-mesin yang telah disetujui penggunaannya (PB,1989:27). Mesin pengaduk harus diputar sesuai dengan kecepatan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya. Setelah pencampuran seluruh bahan dalam *batching*, harus dilakukan pengadukan kembali minimal selama 1,5 menit, kecuali bila dapat dibuktikan bahwa pengadukan yang lebih pendek mampu memberikan hasil yang memuaskan dan memenuhi pengujian keseragaman pengadukan yang ditetapkan dalam ASTM C.94.

3. Syarat Pengadukan menurut SK.SNI.T-28-1991-03

Menurut SK.SNI.T-28-1991-03, waktu pengadukan minimal untuk campuran beton yang volumenya lebih kecil atau

sama dengan 1 m³ adalah 1.5 menit, dan tambah selama 0.5 menit untuk penambahan 1 m³ beton serta pengadukan ditambahkan selama 1.5 menit setelah semua bahan tercampur.

Waktu pengadukan ini akan berpengaruh pada mutu beton, jika terlalu sebentar pencampuran bahan akan kurang merata sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang. Sebaliknya, pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan :
1) naiknya suhu beton, 2) keausan pada agregat sehingga agregat pecah, 3) terjadinya kehilangan air sehingga penambahan air diperlukan, 4) bertambahnya nilai slump dan, 5) menurunnya kekuatan beton.

Semua jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan beton harus dilengkapi dengan :

1. Sertifikasi mutu dari produsen.
2. Jika tidak dapat sertifikasi mutu, harus tersedia data uji dari laboratorium yang diakui.
3. Jika tidak dilengkapi dengan sertifikasi mutu atau data hasil uji, harus berdasarkan bukti hasil pengujian khusus atau pemakaian nyata yang dapat menghasilkan beton yang kekuatan, ketahanan, dan keawetannya memenuhi syarat.

Ketentuan mengenai waktu pengadukan minimal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.6 *waktu pengadukan minimal*

Kapasitas dari Mixer (m ³)	ASTM C.94 dan ACI 318
0.8 – 3.1	1 menit
3.8 – 4.6	2 menit
7.6	3 menit

Sumber : (Mulyono, 2004 : hal 220)

d. Penuangan dan pengecoran (*placing*)

Untuk menghindari terjadinya segregasi dan *bleending*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penuangan beton.

1. Campuran yang akan dituangkan harus ditempatkan sedekat mungkin dengan cetakan akhir untuk mencega segregasi karena penanganan kembali atau pengaliran adukan.
2. Pempbetonan harus dilaksanakan dengan kecepatan penuangan yang diatur sedemikian rupa sehingga campuran beton selalu dalam keadaan plastis dan dapat mengalir dengan mudah kedalam rongga di antara tulangan.
3. Campuran beton yang telah mengeras atau yang telah terkotori oleh material asing tidak boleh dituang kedalam struktur.
4. Campuran beton yang setengah mengeras atau telah mengalami penambahan air tidak boleh dituangkan, kecuali telah disetujui oleh pengawas ahli.

5. Setelah penuangan campuran beton dimulai, pelaksanaan harus dilakukan tanpa henti hingga diselesaikan penuangan suatu panel atau penampang, yang dibentuk oleh batas-batas elemennya atau batas penghentian penuangan yang ditentukan, kecuali diijinkan atau dilarang dalam pelaksanaan siar pelaksanaan (*construction joint*).
6. Permukaan atas dari acuan yang diangkat secara vertikal pada umumnya harus terisi rata dengan campuran beton.
7. Bila diperlukan, siar pelaksanaan harus dibuat sesuai dengan ketentuan: a). Permukaan beton pada siar pelaksanaan harus bersih. b). Sebelum pengecoran harus dibasahi. c). Tidak mengurangi kekuatan konstruksi. d). Siar pelaksanaan yang terletak pada lantai ditempatkan sepertiga dari bentang bagian tengah plat, balok anak, balok induk. Siar pelaksanaan pada balok induk harus ditempatkan menjauhi daerah persilangan antara balok induk tersebut dengan balok lainnya sejarak tidak kurang dari dua kali lebat balok yang menyilang. e). Balok anak, balok induk, atau pelat yang didukung oleh kolom tidak boleh dituang sebelum hilang sifat keplastisannya. f). Balok anak, balok induk, penebalan miring balok dan kepala kolom bagian harus dituang secara monolit dengan pelat sebagai sesuatu bagian dari sistem pelat tersebut, kecuali ditentukan lain dalam perencanaannya.

8. Beton yang dituangkan harus dipadatkan dengan alat yang tepat secara sempurna dan harus diusahakan secara maksimal agar dapat mengisi semua rongga beton.

Hal yang perlu diperhatikan lagi adalah:

1. Tinggi jatuh tidak boleh lebih dari 1,50 meter. Jika terjadi jarak lebih besar maka perlu ditambahkan alat bantu seperti tremi atau pipa.
2. Tidak dilakukan penuangan selama terjadi hujan agar kadar air tetap terjaga, kecuali jika pengecoran dilakukan dibawah atap.
3. Setiap kali penuangan, tebal lapisan maksimum 30-40 cm, agar pemadatannya dapat dilaksanakan dengan mudah.
4. Penuangan hanya berhenti dititik momen sama dengan nol.

e. Pemadatan (*vibrating*)

Pemadatan dilakukan segera setelah beton dituangkan. Kebutuhan akan alat pemadat disesuaikan dengan kapasitas pengecoran dan tingkat kesulitan pengerjaan. Pemadatan dilakukan sebelum terjadinya *initial setting time* pada beton. Dalam praktik dilapangan, pengidikasian *initial setting* dilakukan dengan cara menusuk beton tersebut dengan tongkat tanpa kekuatan. Jika masih dapat tertusuk sampai 10 cm, berarti *setting time* belum tercapai.

Pemadatan dimaksudkan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton segar. Bertambahnya kandungan udara dalam beton akan menyebabkan kekuatan tekan beton berkurang.

Pemadatan dilakukan dengan penggetaran. Campuran beton akan mengalir dan memadat karena rongga-rongga akan terisi dengan butir-butir yang lebih halus. Alat getar ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Alat getar intern (*internal vibrator*), yaitu alat getar yang berupa tongkat dan digerakan dengan mesin. Untuk menggunakannya tongkat dimasukkan kedalam beton pada waktu tertentu, tanpa harus menyebabkan *bleeding*.
2. Alat getar cetakan (*external vibrator or form vibrator*), yaitu alat getar yang menggetarkan *form work* sehingga betonnya bergetar dan memadat.

Beberapa pedoman umum dalam proses pemadatan adalah:

1. Pada jarak yang berdekatan/pendek, pemadatan dengan alat getar dilaksanakan dalam waktu yang pendek.
2. Pemadatan dilaksanakan secara vertikal dan jatuh dengan beratnya sendiri.
3. Tidak menyebabkan terjadinya *bleeding*
4. Pemadatan merata
5. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan bekisting

6. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat atau memindahkan beton.

f. Penyelesaian Akhir (*finishing*)

Pekerjaan finishing dimaksudkan untuk mendapatkan sebuah permukaan beton yang rata dan mulus. Pekerjaan ini biasanya dilakukan pada saat beton mencapai *final setting*, karena pada masa ini beton masih dapat dibentuk. Alat yang digunakan biasanya ruskam, jidar dan alat-alat perata lainnya.

g. Perawatan (*curing*)

Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

1. Perawatan Yang Di Percepat

Perawatan dengan uap bertekanan tinggi, uap bertekanan atmosferik, pemanasan dan pelembaban atau proses lain yang dapat diterima, boleh digunakan untuk mencapai kekuatan tekan dan mengurangi waktu perawatan. Perawatan ini harus mampu menghasilkan kekuatan tekan sesuai dengan rencana, dan prosesnya harus mampu menghasilkan beton yang tegar.

2. Macam Perawatan

- a. Perawatan dengan pembasahan
- b. Perawatan dengan penguapan
- c. Perawatan dengan membran

Menurut SNI 03-2493-1991, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Penutupan Setelah Penyelesaian

Untuk menjaga penguapan air dari beton segar, benda uji setelah diselesaikan/dilicinkan harus ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan, tetapi juga harus dapat menjaga kelembaban sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan.

Bila digunakan lembaran plastik tersebut dihamparkan melebihi permukaan dari seluruh benda uji untuk menjaga kelembabannya. Permukaan cetakan bagian luar harus dijaga

jangan sampai berhubungan langsung dengan air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, sebab dapat merubah air dalam adukan dan menyebabkan rusaknya benda uji.

2. Pelepasan Benda Uji dari Cetakan

Lepaslah benda uji dari cetakan setelah 24 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah percetakan.

3. Perawatan Benda Uji

Jika tidak ditentukan dengan cara lain, rendamlah seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan.

Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan. Untuk pencetakan ulang, perlakuan kondisi perawatan harus sama seperti yang diuraikan diatas. Kondisi perawatan seperti ini juga dapat dilakukan dengan cara merendam di dalam air yang jenuh kapur juga dapat disimpan di dalam ruang lembab atau dalam lemari lembab. Benda uji harus dijaga dari tetesan air atau aliran air dari luar.

2.7 Prosedur Pengujian di Laboratorium

A. Pengujian berat jenis & penyerapan agregat kasar dan agregat halus

Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut :

- a. Berat jenis kering

$$B_j \text{ Kering} = \frac{B_k}{(B + B_j - B_t)} \dots\dots\dots (2.2)$$

- b. Berat jenis kering permukaan jenuh air (*Saturated Surface Dry*)

Berat jenuh kering permukaan
 $(SSD) = \frac{B_j}{(B + B_j - B_t)} \dots\dots\dots (2.3)$

- c. Penyerapan

$$[\frac{B_j - B_k}{B_k}] \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- B_j : Berat benda uji kering permukaan jenuh air
- B_k : Berat benda uji kering oven
- B : Berat piknometer berisi air
- B_t : Berat piknometer berisi air dan benda uji

B. Pengujian analisa saringan

Presentasi berat benda uji yang tertahan diatas saringan

$$A = \frac{A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

A = Persentase berat benda uji yang tertahan (%)

A = Berat benda uji yang tertahan diatas ayakan a mm

B = Berat benda uji total

Modulus halus butir adalah suatu indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Modulus kehalusan butir (MHB)

$$= \frac{\% \text{Komulatif Agregat Tertinggal}}{100} \dots\dots\dots(2.6)$$

C. Pengujian bobot isi agregat

$$\text{Bobot isi Gembur} = \frac{\text{Berat Agregat Gembur}}{\text{Volume bejana silinder}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Bobot isi Padat} = \frac{\text{Berat Agregat Padat}}{\text{Volume bejana silinder}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.8)$$

D. Pengujian kadar air agregat

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen.

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Awal (w3)} - \text{Berat Konstan (w5)}}{\text{Berat Konstan (w5)}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$

E. Pengujian kadar lumpur agregat

Kadar lumpur bertujuan untuk memperoleh persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{\text{Berat Awal (B)} - \text{Berat Akhir (C)}}{\text{Berat Awal (B)}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.10)$$



Gambar 2.5 Universal Compression Mechine

2.8 Tahapan Penelitian

Penelitian yang sudah dilakukan, jenis penelitian ini adalah :

1. “Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Berdasarkan Urutan Dan Waktu Perputaran Pencampuran Material Penyusun Beton Dengan Menggunakan Mesin Molen”
 - a. Perencanaan komposisi campuran.

Setelah dilakukan analisa bahan, maka dapat dilakukan perhitungan campuran beton berdasarkan metode ACI.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan komposisi campuran dengan metode ACI yaitu :

- a). Merencanakan tinggi slump.
- b). Menentukan nilai tambah kuat tekan beton yang dibutuhkan.

- c). Menentukan ukuran maksimum agregat kasar.
- d). Menentukan rencana air adukan/m³ beton dan menentukan presentase udara yang terperangkap dan menentukan W/C ratio.

b. Kesimpulan penelitian.

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Dari hasil penelitian yang dilakukan, urutan pencampuran semen, pasir, kerikil, air menghasilkan kuat tekan akhir yang paling baik bila dibandingkan dengan variasi lainnya dengan rata-rata sebesar 30,01 Mpa atau 33.38 % dan waktu 11 menit 28 detik dengan jumlah perputaran 180.48 kali perputaran, sehingga lebih besar dari pada mutu rencana. Walaupun variasi semen, kerikil, pasir, air menghasilkan kuat tekan paling kecil bila dibandingkan dengan variasi lainnya, dengan kuat tekan rata-rata sebesar 23.87 Mpa atau 6.08 % dan waktu 17 menit 35 detik dengan jumlah perputaran 277.6 kali perputaran, sehingga lebih sedikit diatas mutu rencana, tetapi masih tetap bisa dilakukan pada saat dilapangan. Semakin lama pengadukan, bukan berarti hasil yang dihasilkan semakin baik, dan semakin cepat dilakukan tidak berarti juga hasilnya buruk jadi sebaliknya perhatikan waktu perputarannya dan banyaknya perputaran tersebut dengan waktu 13 menit 63 detik, atau dengan menghitung perputaran sekitar 218,08 kali perputaran.

c. Daftar pustakan penelitian

1). ASTM C33. 2004. “*standard spesification for concrete aggregates*”, Annual books of ASTM standard, USA

2. “Hubungan faktor air semen dan lama waktu pengadukan dengan kuat tekan beton mutu tinggi”

a. Perencanaan penelitian

Beton dengan faktor air semen optimum dan waktu pengadukan yang nantinya akan mendapatkan kuat tekan beton mutu tinggi yang maksimal, dengan kuat tekan karakteristik rencana K425 dan K500 kg/cm².

Adapun waktu pengadukan untuk masing-masing umur beton dilakukan variasi yang terdiri dari, 1, 2, 3, 4 menit dan 5 menit. Perlu diperhatikan bahwa selama proses mixign/penimbangan dan lain lain untuk *high streghth conctrte* harus dilakukan secara tepat dan teliti serta dengan urutan-urutan yang benar. Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu data yang diambil langsung pada objek penelitian.

Pengujian pelaksanaan tekan beton dilaksanakan di labolatorium institut teknologi padang (ITP), standar yang digunakan pada pengujian adalah ASTM C 617 – 94 dan ASTM C 39 – 93 a dan alat yang digunakan adalah *universal testing machine* (UTM) dengan kapasitas 1000 KN

b. Kesimpulan penelitian

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengujian dan penganalisaan pada bahan dasar beton seperti agregat halus, semen dan air memberikan hasil yang bisa diterima sesuai dengan standar ASTM 1994.
- b. Untuk mutu beton K425 kuat tekan karakteristik maksimum terdapat pada presentase faktor air semen 32,5 % dengan umur proses pengerasan 28 hari yaitu sebesar 510 kg/cm², dan untuk mutu beton K500 kuat tekan beton karakteristik maksimum terdapat pada presentase faktor air semen 32,5 % dengan umur proses pengerasan 28 hari yaitu sebesar 588,16 kg/cm², dengan memakai bahan additiv yaitu *tricossal* BV 80 sebanyak 0,3 %.
- c. Dari point b, dapat dikatakan bahwa untuk beton mutu tinggi baik K425 maupun K500, diperoleh presentase faktor air semen 32,5 %. Penelitian yang sama untuk beton mutu normal (K225) oleh Ahmad Abidin (2002), faktor air semen optimum yang diperoleh sebesar 40 %. Jadi terdapat perbedaan yang berarti antara kebutuhan faktor air semen pada beton mutu normal dan beton mutu tinggi.
- d. Semakin kecil pemakaian nilai faktor air semen maka kekuatan tekan beton yang dicapai semakin besar begitu juga sebaliknya, dapat dikatakan hubungan antara kuat tekan beton dengan nilai faktor air semen adalah berbanding terbalik, hal ini sesuai dengan

hasil penelitian sebelumnya untuk beton mutu normal (Ahmad Abidin, 2002).

- e. Terdapat pengaruh lama waktu pengadukan terhadap kuat tekan beton mutu tinggi. Hal ini terlihat dari variasi kekuatan beton yang dicapai pada masing-masing waktu pengadukan.
- f. Lama waktu pengadukan yang terbaik adalah 2 menit, pada umur uji 28 hari.

c. Daftar pustaka penelitian

“American Of Standar Testing Material, 1994. *Annual book of ASTM standar section 4*. Philladelphia USA : ASTM Standar.”

3. “Pengaruh Lama Waktu Putaran Mesin Pengaduk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton F’c 14,5 Mpa”

a. Perencanaan penelitian

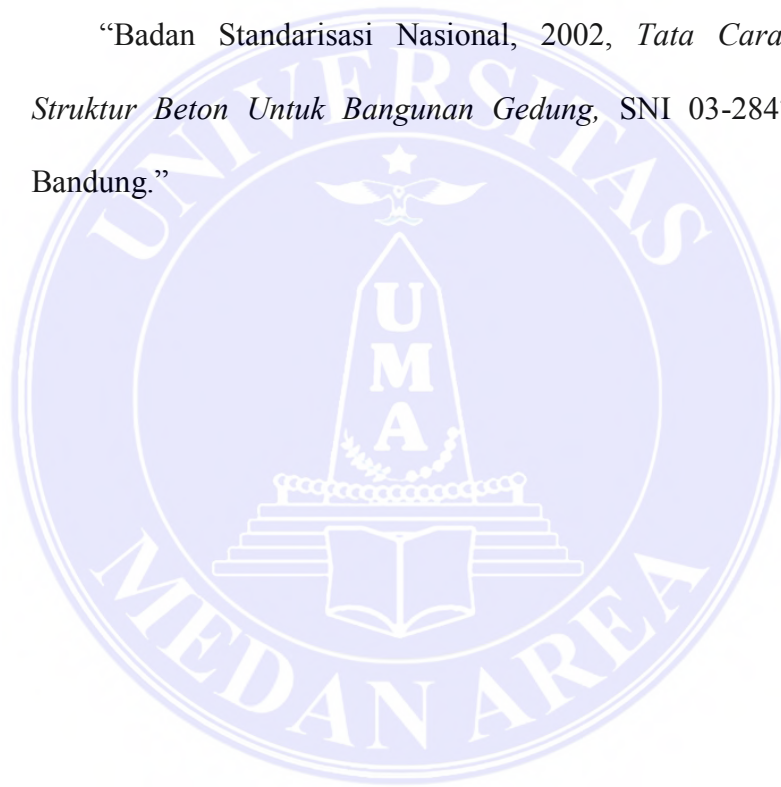
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu penelitian dengan percobaan langsung di Labolatorium Universitas Islam Lamongan (Unisla) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama putaran menggunakan adukan mesin molen selama 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit terhadap kuat tekan beton f’c 14,5 Mpa yang menggunakan metode SNI 03 – 2458 – 1991.

b. Kesimpulan penelitian

Kuat tekan beton tertinggi didapat pada pengadukan selama 10 menit dengan kuat tekan beton sebesar 17,021 Mpa atau sebesar 16,872 % dari beton normal, kuat tekan beton menurun pada lama pengadukan di atas 10 menit dan menjadi stabil pada rata – rata kuat tekan 15,603 Mpa atau sebesar 15,454 % dari beton normal.

c. Daftar pustaka penelitian

“Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002, BSN, Bandung.”



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode penelitian

Pengertian Metode adalah suatu prosedur atau cara untuk mengetahui sesuatu melalui proses yang sistematis sedangkan penelitian adalah kegiatan yang menggunakan metode ilmiah untuk mengungkapkan atau menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sehingga metode penelitian dapat didefinisikan sebagai proses dari kegiatan yang dilakukan dalam penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi. Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel) di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara (USU). Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal. Sampel dalam tiap variasi dalam penelitian ini adalah 5 benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 dan tinggi 30 cm, untuk menguji kuat tekan beton dengan mutu beton K225. Sedangkan waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

Semua pekerjaan dilakukan berpedoman pada peraturan/standar yang berlaku dengan penyesuaian terhadap kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada.

Pemeriksaan material dibatasi hanya pada material tertentu yang penting dalam perhitungan campuran serta urutan waktu.

Ada pun beberapa hal yang harus di perhatikan :

3.1.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan dalam penelitian merupakan langkah awal dalam memulai suatu percobaan yang akan dilakukan. pemilihan dan pengambilan material agregat kasar dan halus yang di ambil dari binjai sebagai bahan pembuat beton. dimana bahan material yang di ambil memenuhi pertimbangan berdasarkan standar mutu yang baik.

1. **Semen** yang digunakan adalah semen portland tipe-I (merk merah putih). Air yang digunakan dalam proses pencampuran beton adalah air dari fakultas Teknik USU.
2. **Agregat kasar** adalah batu pecah yang diambil dari patumbak dengan ukuran 40 mm.
3. **Agregat halus** adalah pasir yang berasal dari binjei, pasir binjei yang digunakan adalah yang lolos saringan no. 4

3.1.2 Pengujian Karakteristik Bahan

Dalam penelitian ini pengujian dan pemeriksa sifat fisik agregat kasar dan halus mengacu pada standar nasional indonesia (SNI 2013)

3.1.3 Perencanaan campuran beton

Perencanaan campuran beton K-225 yang dilakukan di Laboratorium Universitas Sumatera Utara (USU), dimana dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang berdasarkan (SNI-03-2847-2002) dan ACI (*American concrete institute*), yaitu dengan perbandingan variasi pencampuran serta urutan waktu, lama waktu putaran yang digunakan pada adukan molen yaitu 4, 8, 12, 16, dan 20 menit di setiap variasi pencampuran agregat. Serta merencanakan tinggi slump, menentukan nilai tambah kuat tekan beton yang dibutuhkan, dan menentukan ukuran maksimum agregat kasar. Perencanaan ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi pencampuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air yang baik.

Proses pembuatan, pada pembuatan benda uji dimulai dari proses penimbangan material sesuai dengan komposisi campuran desain yang telah dihitung, setelah semua siap masuk pada proses pengadukan campuran.

1. Campuran dilakukan dengan menggunakan mesin molen, pertama pasir dimasukkan dan diikuti dengan semen, mesin molen dalam keadaan berputar sehingga pasir dan semen dapat tercampur merata, kemudian agregat kasar (batu) dimasukkan sampai campuran merata. Setelah campuran tersebut merata masukan air.
2. Kemudian dilakukan uji slump, percobaan slump ini dilakukan untuk mengukur tingkat kelecakan dari adukan beton. percobaan ini menggunakan alat antara lain : corong baja yang berbentuk konus berlobang pada kedua ujungnya, tongkat baja pada bagian ujungnya tajam, lempengan besi untuk meletakkan corong baja agar rata. Corong

baja diatas lempeng besi dengan diameter besar dibawah, dan diameter kecil diatas. Masukkan adukan beton muda kedalam corong baja sebanyak 1/3 (sepertiga) dari volume corong dan tumbuk sebanyak 25 (dua puluh lima) kali dengan tongkat baja. Lakukan hal yang sama sampai corong baja tersebut terisi penuh dan ratakan dengan tongkat baja. Setelah itu diamkan selama kurang lebih 60 detik dan kemudian angkat corong keatas secara vertical. Hitunglah besar penurunan dari beton terssebut setelah corong tersebut diangkat.

3. Setelah slump tercapai, adukan beton yang telah merata dituang kedalam tempat cetakan yang telah disiapkan, sebelumnya cetakan telah dioles dengan oli, dalam hal ini cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran Ø15 cm dan tinggi 30 cm.

3.1.4 Benda Uji Dan Perawatan

Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder Ø15 cm dan tinggi 30 cm. setelah beton yang dicor berumur 1 (satu) hari (24 jam), bekisting atau cetakan beton dibuka kemudian benda uji berbentuk silinder yang telah dibuka dari cetakannya dimasukkan kedalam air yang telah disediakan di Labolatorium bahan dan kontruksi Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Perendaman tersebut dilakukan sampai sampel beton tersebut akan ditest/ uji kuat tekannya.

3.1.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini menggunakan alat yang tersedia di Laboratorium Material Fakultas Teknik yaitu mesin uji „*Semiautomatic*

Concrete Compression Testing. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Letakkan benda uji dengan posisi sentris di dalam alat uji tekan.
2. Jalankan alat uji tekan sampai benda uji hancur.
3. Catat besarnya beban hancur maksimum yang bekerja pada benda uji, yang tertera pada monitor alat uji tekan.

3.1.6 Analisa Data Hasil Penelitian

Analisa data pengujian dilakukan dengan cara :

1. Data hasil pengujian kuat tekan ditabelkan.
2. Dibuat grafik kuat tekan beton

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium.

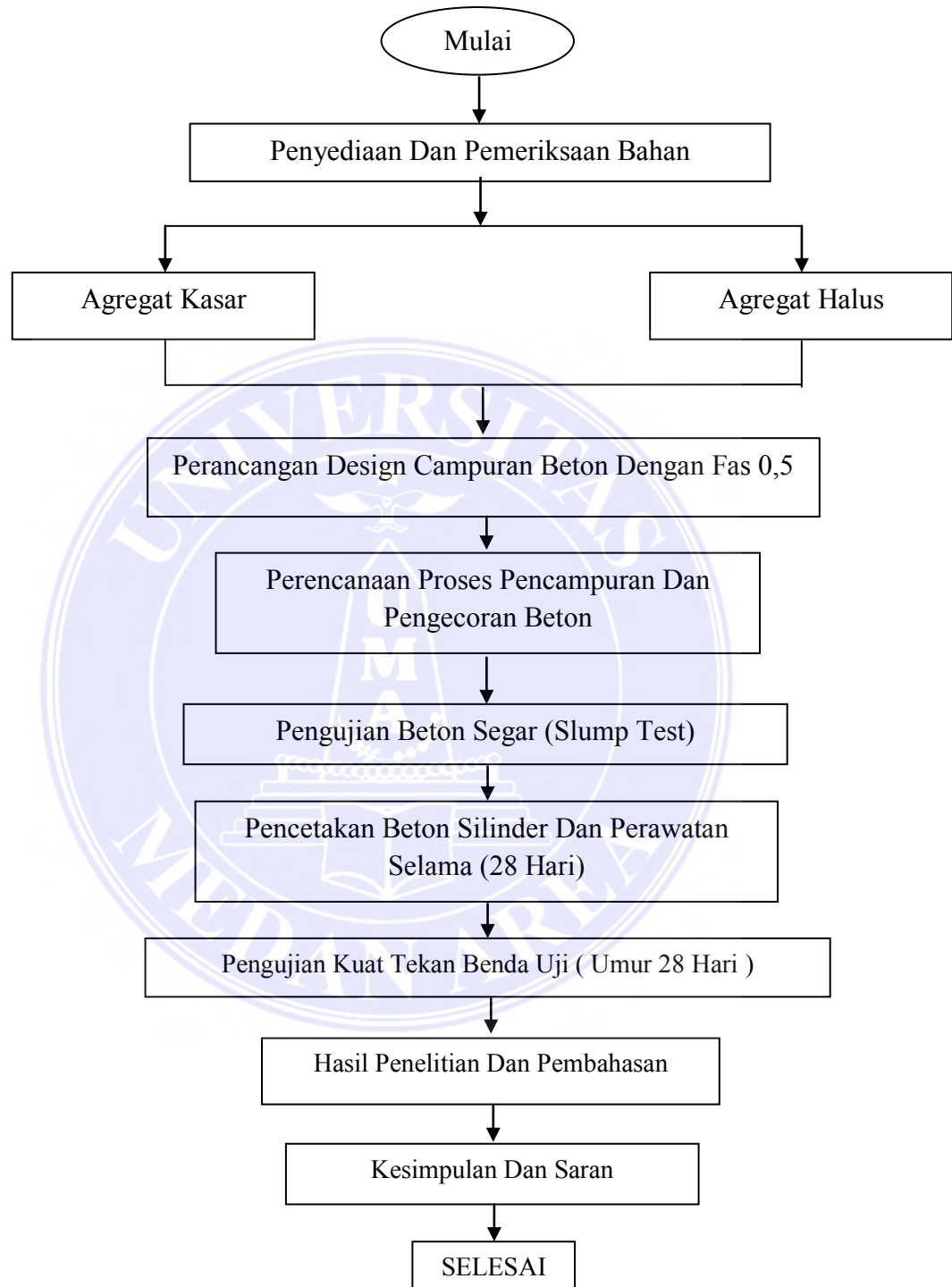
3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian direncanakan di laboratorium bahan dan konstruksi fakultas teknik jurusan teknik sipil Universitas Sumatera Utara (USU).

3.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan tahap analisis dan pembahasan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir tahapan penelitian di bawah ini.

Prosedur tahapan penelitian akan di gambarkan menjadi bagan alir penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelian

3.5 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji untuk tes beton cukup sederhana namun tetap perlu memperhatikan beberapa hal agar tes beton yang akan kita lakukan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan. Secara umum terdapat dua macam jenis benda uji beton yaitu :

1. Kubus beton dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm
2. Silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

Pada pembuatan benda uji kali ini memakai cetakan jenis silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Silinder beton yang dibuat adalah replikasi dari beton yang digunakan untuk bahan bangunan. Silinder beton ini dibuat dari adukan beton yang akan digunakan, yang merupakan sampel yang akan diuji di laboratorium. Jumlah silinder beton yang akan dibuat sebanyak 25 (dua puluh lima) buah sesuai dengan prosedur perencanaan penelitian.

Langkah awal untuk pembuatan beton ialah mempersiapkan bahan yang sudah ditakar atau sudah diperhitungkan penggunaan materialnya, kemudian masukkan semua material tersebut kedalam molen untuk diaduk sampai merata. Setelah merata material tersebut dipindahkan ke wadah atau pan yang besar, selanjutnya dilakukan uji *slump* untuk mengetahui tingkat kekentalan atau keenceran beton tersebut.

Setelah melalui proses uji *slump* beton tersebut dimasukkan kedalam cetakan silinder yang sudah dibersihkan dan dilumasi minyak solar agar mempermudah saat pembongkaran cetakan dan tidak merusak bentuk beton. Proses pengisian beton kedalam cetakan dilakukan dalam 3 (tiga) lapis dengan

volume yang sama, tiap 1/3 lapisnya dirojok dengan tongkat besi sebanyak 25 kali. Proses merojok dilakukan dibagian tepi silinder agar diperoleh beton yang simetri menurut sumbunya. Setelah lapisan ketiga selesai dirojok, penuh permukaan atas dengan adukan beton kemudian ratakan dengan tongkat perata hingga permukaan rata. Pindahkan cetakan yang berisi beton keruangan yang lembab dan biarkan selama 24 jam setelah itu cetakan dibongkar dan benda uji tersebut direndam selama 7 hari sebagai perawatan beton (*cured*). Setelah perendaman selama 7 hari, beton kemudian diangkat dan dipindahkan ke ruangan lain, lalu biar beton sampai berumur 28 hari untuk di uji kuat tekannya.



Gambar 3.2 Pembuatan Benda Uji Bentuk Silinder

3.6 Uji slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Namun selain besaran nilai slump, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjaan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian slump dilakukan. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam SNI 1972-2008.



Gambar 3.3 Pengujian Slump Test

3.7 Perancangan Mix Desain Pembuatan Beton

1. Rencana kuat tekan ($f_c':225$) = 18,68 Mpa. (untuk umur 28 hari)
2. Devisiasi standard, S = 60 kg/cm², dengan faktor koreksi 1,03 (tabel 8.17, untuk 25 benda uji yang sama)
3. Nilai tambah, m = 1,64 x 6 x 1,03
= 10,135 Mpa
4. Kekuatan rata – rata tekan $f_c'r = f_c' + m$
= 18,68 + 10,135
= 28,82 Mpa
5. Jenis semen = Portland Tipe I
6. Jenis agregat, I ~ kasar = Batu Pecah
II ~ halus = Alami
7. Faktor air semen bebas (lihat gambar 8.4.1, dan tabel 8.18, hal: 183)
 1. Untuk kuat tekan umur 28 hari menghasilkan kuat tekan 37 Mpa
 2. Dan di dapat nilai Fas = 0,49
8. Untuk faktor air semen maksimum diambil Fas = 0,50
9. Untuk slump test (tabel 8.12,hal 188) = Slump 60 – 100
10. Ukuran agregat maksimum (kasar) = 40 mm
11. Kadar air bebas ($\frac{2}{3} w_h + \frac{1}{3} w_k$) = ($\frac{2}{3} \times 175$) + ($\frac{1}{3} \times 205$)

Dari hasil analisis ayak jenis agregat halus dan agregat gabungan termasuk dalam zona kasar, maka dapat di tambah 10 kg/m².

Dan hasil penambahan tersebut menjadi 195 kg/m²

12. Kadar semen Maks = 195 kg/m² : 0,50
= 390 kg/m³

13. Kadar semen Min (tabel 8.19,hal:183) = 275 kg/m^3
14. Faktor air semen yang disesuaikan Fas 0,5
15. Gradasi agregat halus (gambar 4.5.b,hal:92) = Zona II
16. % agregat halus = (gambar 8.5.3,hal:191)
= 40 %
17. % agregat kasar = 60 %
18. Berat jenis semen gabungan = $(0,4 \times 2,77) + (0,6 \times 2,48)$
= $1,108 + 1,488$
= 2,59
19. Berat isi beton normal disyaratkan (gambar 8.6,hal:192)
= 2260 kg/cm^3
20. Kadar agregat gabungan = $2260 - 390 - 195$
= $1,675 \text{ kg/m}^3$
21. Kadar agregat halus = $0,4 \times 1,675$
= 670 kg/m^3
22. Kadar agregat kasar = $1,675 - 670$
= $1,005 \text{ kg/m}^3$
23. Maka untuk 1 m^3 beton diperlukan
- Semen = 390 kg/m^3
 - Pasir = 670 kg/m^3
 - Krikil = $1,005 \text{ kg/m}^3$
 - Air = 195 kg/m^3
24. Vol. Untuk 1 benda uji silinder = $0,0053 \text{ m}^3$

25. Faktor keamanan/*Safety Factor* (FS) = $1,2 \times 0,0053$
= $0,00636 \text{ m}^3$

26. Kebutuhan bahan untuk 1 benda uji :

a. Semen = $390 \times 0,00636$ = 2.48 kg

b. Pasir = $670 \times 0,00636$ = 4.26 kg

c. Krikil = $1,005 \times 0,0063$ = 6.39 kg

d. Air = $195 \times 0,00636$ = 1.24 kg

14.37 kg

27. Kebutuhan bahan untuk 5 benda uji :

a. Semen = 2.48×5 = 12.4 kg

b. Pasir = 4.26×5 = 21.3 kg

c. Krikil = 6.39×5 = 31.95 kg

d. Air = 1.24×5 = 6.2 kg

71.85 kg

Tabel 3.1 Perancangan Adukan Beton

No.	Uraian				
1	Rencana kuat tekan ($f'c$) pada umur 28 hari				18,68 Mpa
2	Deviasi standar (s)				60 kg/cm ²
3	Nilai tambah (m)				10,135 Mpa
4	Kekuatan rata-rata rencana ($f'cr$)				28,82 Mpa
5	Jenis semen				Tipe I
6	Jenis agregat (kasar dan halus)				Alami
7	Faktor air semen (gambar 8.4.1,tabel 8.18,hal:183)				0,49
8	Faktor air semen maksimum				0,50
9	Nilai slump				100 mm
10	Ukuran agregat maksimum				40 mm
11	Kebutuhan air				195 kg/m ²
12	Kadar semen maksimum				390 kg/m ³
13	Kadar semen minimum (tabel 8.19,hal:183)				275 kg/m ³
14	Faktor air semen yang digunakan				0,50
15	Gradasi agregat halus				Zona 2
16	Presentase agregat halus				40 %
17	Presentase agregat kasar				60 %
18	Berat isi normal disyaratkan				2260 kg/cm ³
19	Kadar agregat gabungan				1,675 kg/m ³
20	Kadar agregat halus (pasir)				670 kg/m ³
21	Kadar agregat kasar (kerikil)				1,005 kg/m ³
Koreksi jumlah kebutuhan yang digunakan :					
Volume	Berat beton	Air	Semen	Agregat halus	Agregat kasar
1 m ³	2260 kg/cm ³	195 kg/m ²	390 kg/m ³	670 kg/m ³	1,005 kg/m ³

Sumber : Data Penelitian UMA 2018

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, urutan pencampuran kerikil, pasir, semen, air menghasilkan kuat tekan akhir yang paling baik bila dibandingkan dengan variasi lainnya dengan rata-rata sebesar 24,46 Mpa dengan durasi waktu pengadukan 4 menit, sehingga lebih besar dari pada mutu rencana. Walaupun variasi air, pasir, kerikil, semen menghasilkan kuat tekan paling kecil bila dibandingkan dengan variasi lainnya, dengan kuat tekan rata-rata sebesar 14,88 Mpa dengan durasi waktu pengadukan 20 menit, sehingga lebih sedikit diatas mutu rencana. Pada pengaruh durasi dan urutan campuran yang dilakukan, terbukti bahwa hasil yang didapatkan dari kuat tekan rata-rata yang didapat berbeda-beda hasilnya sebagai mana terlihat pada grafik 4.10 tersebut.
2. Sebagai mana yang diketahui bahwa hasil slump test dengan durasi waktu 4 (menit) pengadukan pada variasi 1 di dapat tinggi slump 11 cm, pada pengadukan pada variasi 2 dengan durasi waktu 8 (menit) di dapat tinggi slump 10,5 cm, dan pada variasi 3 dengan durasi waktu 12 (menit) pengadukan di dapat tinggi slump 9 cm, serta pada variasi 4 dengan durasi waktu 16 (menit) di dapat tinggi slump 8,5 cm, dan pada variasi terakhir atau variasi 5 di dapat tinggi slump 7 cm dengan durasi waktu 20 (menit).

maka pengaruh durasi waktu terhadap variasi pencampura mempengaruhi nilai slump yang didapatkan.

5.2 Saran

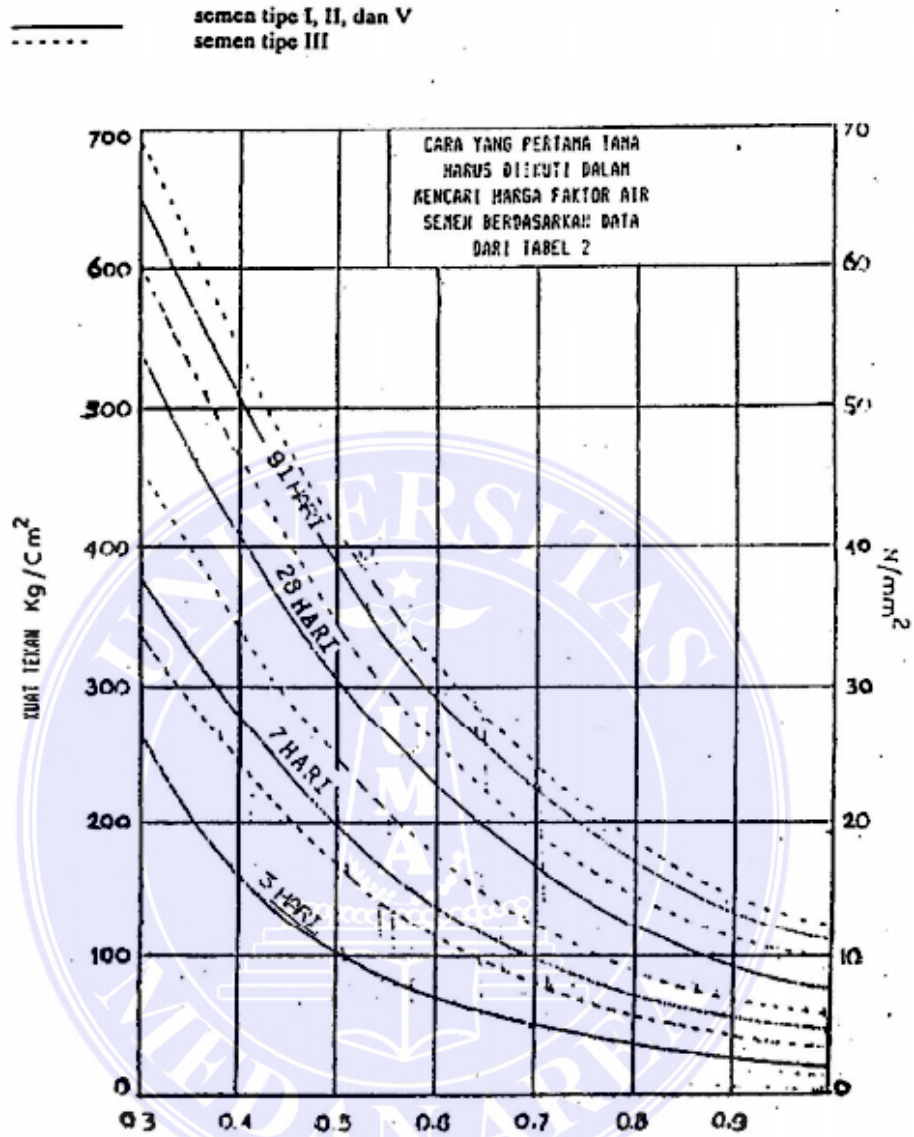
1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai pengaruh durasi waktu dan urutan pencampuran agregat agar bisa mendapatkan hasil kuat tekan yang lebih baik lagi mutunya.
2. Untuk penelitian selanjutnya, selalu perhatikan pada tahap perojokan (pemadatan), karena pada tahanan ini kepadatan beton sangat berpengaruh dalam menentukan suatu hasil dari kekuatan tekan beton.
3. cetakan silinder beton sebaiknya diberi oli secukupnya, jangan terlalu banyak karena dapat membuat beton berongga dan tidak rata menjadi licin saat di pegang. Selain itu juga dapat menyebabkan beton segar menjadi lama pengeringannya sebelum dilakukan pengujian. Dan jangan pula terlalu sedikit karena dapat menyebabkan beton menjadi sulit atau tidak dapat dikeluarkan.
4. harus diperhatikan tempat peletakan benda uji, harus terlindungi dari tetesan air genangan air, jangan terlalu lembab karena dapat berpengaruh dalam kekuatan tekannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim**, (1989). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. SKSNI M-14-1989-F. Bandung. Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum**. 1990a . Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar (SNI 03-1968-1990). Bandung.
- Mulyono, T.** 2005. Teknologi Beton. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M.** 1999. Bahan dan Praktek Beton. Cetakan Ketiga. Jakarta : Erlangga.
- Mulyono, Try.** 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Murdock, L.J., L.M. Brock, dan Stephanus Hendarko.**, “Bahan dan Praktek Beton”. Jakarta: Erlangga, 1991.
- Nugraha, Paul.** 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Obla, K., Kim, H., dan Lobo, C.** 2007. Effect of Continuous (Well Graded) Combined Aggregate Grading of Concrete Performance.
- SNI. 03-1749-1990**, Besar Butir Agregat Untuk Aduk Dan Beton. Dewan Standarisasi Nasional - Dsn, Departemen Perindustrian.
- SNI 7656:2012**. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. Badan Standard risasi Nasional.
- SK SNI T-28-1991-03**. Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung: Yayasan LPMB.
- Standar SK SNI T-15-1990-03**. “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Yayasan LPMB. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung: 1991.
- SNI 1974:2011**; “*Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*”, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.



GRAFIK FAKTOR AIR SEMEN



GRAFIK 1
HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN
(BENDA UJI BERBENTUK SILINDER
DIAMETER 150 mm TINGGI 300 mm)

ANALISA AYAKAN AGREGAT HALUS UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Pasir (Agregat Halus)
 Tanggal :

Beratfraksitertahan						
Diameter ayakan (mm)	Sampel I (gr)	Sampel II (gr)	Berat total	Berattertahan (%)	Kumulatifertahan (%)	Kumulatifloss (%)
9,5	0	0	0	0	0	100
4,75	44	53	97	4,85	4,85	95,15
2,36	72	83	155	7,75	12,60	87,40
1,18	124	134	258	12,90	25,50	74,50
0,6	283	280	563	28,15	53,65	46,35
0,3	317	303	620	31	84,65	15,35
0,15	112	107	219	10,95	95,60	4,40
Pan	48	40	88	4,40	100	0
Total	1000	1000	2000	100		

$$\text{Fineness modulus (FM)} = \frac{276,85}{100} = 2,77$$

1. Pasirhalus = $2,20 < FM \leq 2,60$

2. Pasirsedang = $2,60 < FM \leq 2,90$

3. Pasirkasar = $2,90 < FM \leq 3,20$

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN ABSORBSI
AGREGAT HALUS UNTUK
MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Pasir (Agregat Halus)
 Tanggal :

		Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata (gr)
Berat agregat dalam keadaan SSD	(B)	1250	1250	1250
Berat agregat dalam air	(C)	766	768	767
Berat kering oven	(A)	1228	1226	1227
Berat jenis kering	$= \frac{A}{(B - C)}$	2,54	2,54	2,54
Berat jenis SSD	$= \frac{B}{(B - C)}$	2,58	2,59	2,59
Berat jenis semu	$= \frac{A}{(A - C)}$	2,66	2,66	2,66
Absorpsi %	$= \frac{(B - A) \times 100}{A}$	1,79	1,96	1,87

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS
UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Pasir (Agregat Halus)
 Tanggal :

		Agregat Halus	
		Cara longgar (gr)	Cara merojok (gr)
Berat mould	W1	3,345	3,345
Berat mould + benda uji	W2	6,630	7,800
Berat benda	$W3 = w2 - w1$	3,285	4,455
Berat mould + air	W4	7,290	7,290
Berat air/volume mould	$V = w4 - w1$	3,945	3,945
Berat isi agregat	$W3/V$ (kg/Lt)	1,232	1,329

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR UNTUK
MATERIAL BETON**

Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Pasir (Agregat Halus)
 Tanggal :

		Beratcontoh (gram)	
		Sample I	Sample II
Beratbenda ujimula-mula (Sebelum dicuci)	(A)	500	500
Beratbenda ujitertahansaringan no. 200 (setelah dicuci)	(B)	488	486
Kadar lumpur	$\frac{A - B}{A} \times 100\%$	2,4	2,8
Kadar lumpur rata-rata (%)			2,6

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT
KASAR UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
NPM : 148110058
Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)
Tanggal :

Ukuran lubang ayakan (mm)	Berat fraksi tertahan				Komulatif	
	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Barat total (gr)	%	Tertahan %	Lolos %
38,1	0	0	0	0	0	100,00
19,1	621	551	1172	29,3	29,3	70,7
9,52	1059	1190	2249	56,225	85,525	14,475
4,76	272	238	510	12,75	98,275	1,725
2,36	0	0	0	0	98,275	1,725
1,19	0	0	0	0	98,275	1,725
0,60	0	0	0	0	98,275	1,725
0,30	0	0	0	0	98,275	1,725
0,15	0	0	0	0	98,275	1,725
PAN	48	21	69	1,725	100	0,00
Total	2000	2000	4000	100		

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR
UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)
 Tanggal :

		Agregat Kasar	
		Cara longgar (gr)	Cara merojok (gr)
Berat mould	W1	7,35	7,35
Berat mould + benda uji	W2	20,41	21,85
Berat benda	$W3 = w2 - w1$	13,06	14,5
Berat mould + air	W4	14,869	14,869
Berat air/volume mould	$V = w4 - w1$	7,519	7,519
Berat isi agregat	$W3/V$ (kg/Lt)	1,737	1,928

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN ABSORBSI AGREGAT
KASAR UNTUK MATERIAL BETON**

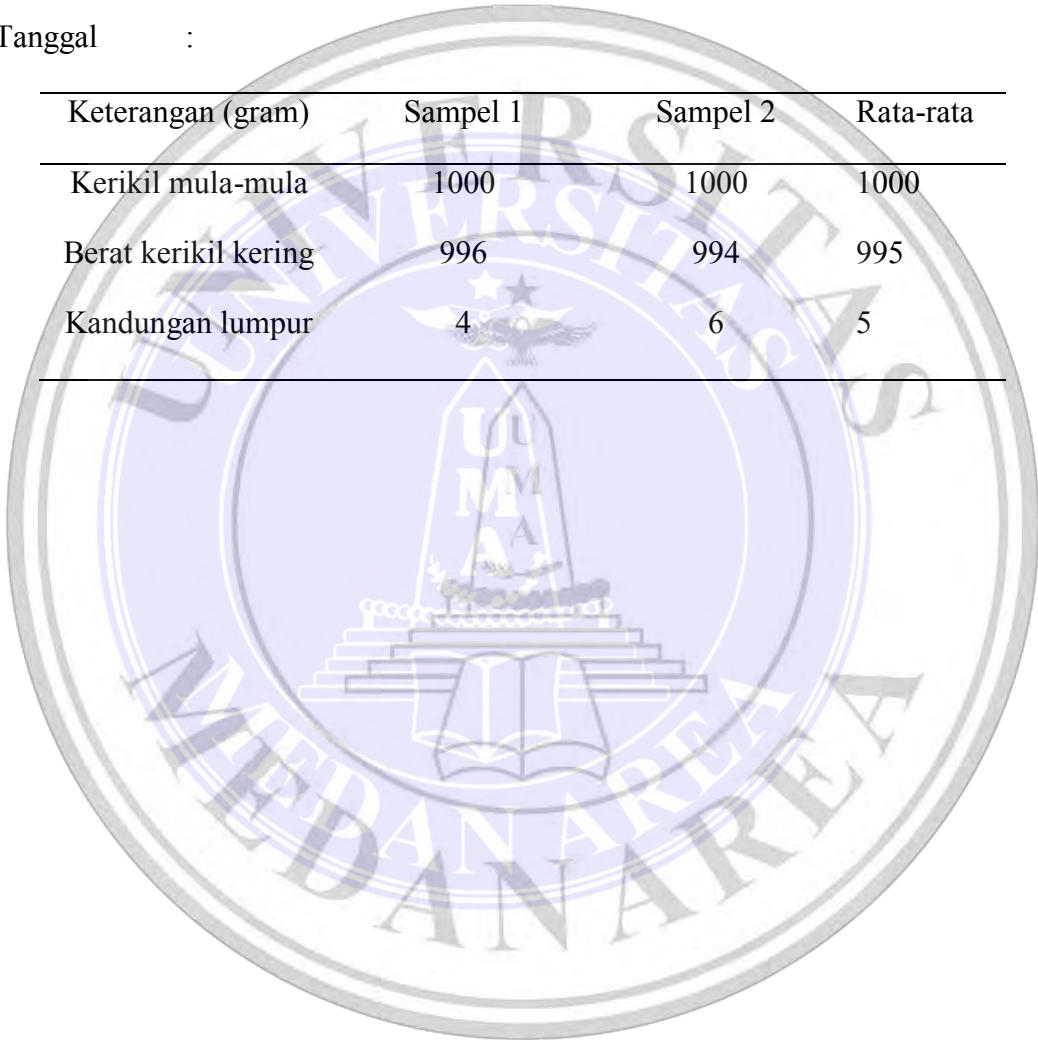
Nama : Ilham Irwan Saputra
 NPM : 148110058
 Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)
 Tanggal :

		Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata (gr)
Berat agregat dalam keadaan SSD	(B)	1000	1000	1000
Berat agregat dalam air	(C)	671	665	668
Berat kering oven	(A)	996	994	995
Berat jenis kering	$= \frac{A}{(B - C)}$	3,027	2,967	2,997
Berat jenis SSD	$= \frac{B}{(B - C)}$	3,039	2,985	3,012
Berat jenis semu	$= \frac{A}{(A - C)}$	3,064	3,021	3,042
Absorpsi %	$= \frac{(B - A) \times 100}{A}$	0,401	0,603	0,501

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR
UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra
NPM : 148110058
Material : Kerikil Pasir (Agregat Kasar)
Tanggal :

Keterangan (gram)	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kerikil mula-mula	1000	1000	1000
Berat kerikil kering	996	994	995
Kandungan lumpur	4	6	5



PEMERIKSAAN WKTU IKAT SEMEN
UNTUK MATERIAL BETON

Nama : Ilham Irwan Saputra

NPM : 148110058

No. test	Waktupenurunan	Penurunan	Keteranganwaktu
	Air (menit)	(mm)	pencatatan
1	15	2	10.20
2	30	9	10.35
3	45	7	10.50
4	60	5	11.05
5	75	1	11.20
6	90	0,5	11.35
7	105	0,1	11.50
8	120	0	12.05

ALAT DAN BAHAN



Oven



Saringan untuk kerikil



Timbangan



Saringan untuk pasir



Bejana



Sekop kecil



Rojokan



Kerucut untuk uji slump



Mixer



Mesin penggetar (Electric shieve shaker)



Rudeloff



Ayakan Pasir



Molen



Kerikil



Cetakan silinder



Pasir



Hasil Proses pengecoran bahan-bahan



Uji Slump Beton



Memasukkan hasil pengecoran ke dalam kerucut dan sambil di rojok



Hasil Uji Slump Test



Memasukkan beton ke dalam cetakan silinder



Beton ditimbang sebelum diuji



Beton setelah dibuka dari silinder



Proses pengujian kuat Tekan beton



Proses pengujian benda uji silinder



Benda uji sebelum diuji, atau di keeping pakai belerang.



Benda uji setelah diuji



LABORATORIUM
BAHAN DAN REKAYASA
BETON

FAKULTAS TEKNIK USU
JURUSAN TEKNIK SIPIL
MEDAN

LABORATORIUM BAHAN DAN REKAYASA BETON

FAKULTAS TEKNIK SIPIL USU

Jalan Perpustakaan No. 19 Kampus USU Medan 20155

BUKTI TELAH SELESAI PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini dari pihak Laboratorium:

Nama : PUSCKY MARJELLA TARIGAN
NIM/NIP : 950915190500001
Labatan : LABORAN

Menyatakan bahwa penelitian tugas akhir di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton dengan data diri pemohon sebagai berikut:

Nama : ILHAM IRWAN SAPUTRA.
NIM/NIP : 14. 811. 0058.
Status : MAHASISWA.
Program Studi : TEKNIK SIPIL.
Institusi : UNIVERSITAS MEDAN AREA.
Judul Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Durasi dan Urutan Campuran Agregat Terhadap kuat Tekan Beton.
Masa Penggunaan : 1 AGT 2018 S/D 4 DES 2018 + 1 FEB 2019

telah selesai melaksanakan penelitian di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton dengan data Agenda Kegiatan Harian Peneliti terlampir.

Pemohon tersebut telah mengikuti tata tertib dan peraturan selama meneliti di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton serta bebas dari sanksi.

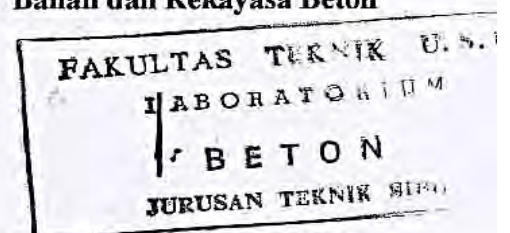
Demikian bukti telah selesai penelitian di Laboratorium Bahan dan Rekayasa Beton diperbuat untuk lipergunakan semestinya.

Pemohon
Peneliti

Diperiksa
Laboran/Asisten Lab

Mengetahui:
Kepala Laboratorium
Bahan dan Rekayasa Beton

ILHAM IRWAN SAPUTRA Puscky M.T.



Ir. Torang Sitorus M.T.
NIP. 1957 10021986011001

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)