

**KORELASI METODE PENGADUKAN TERHADAP NILAI SLUMP DAN
KUAT TEKAN BETON DENGAN PROPORSI CAMPURAN YANG SAMA**

TUGAS AKHIR

*Dijadikan untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu
(S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun oleh :

PAUL VORTEN SITORUS
18310049

Telah diuji dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 13 September dan
dinyatakan lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I

Ir. Johan O. Simanjuntak, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng

Dosen Pembimbing II

Humisar Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Penguji I

Ir. Partahi Lumbangaol, M. Eng. Sc

Dosen Penguji II

Ir. Edeu Oktariang Vai, S.T., MSc., IPM

Dekan Fakultas Teknik



Reza M. Pangaribuan, M.T

Koordinator Program Studi

Ir. Yetti Riza Sari, S.T., M.T., IPM., ACP

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam sejarah perkembangannya penggunaan bahan beton dan vulkanik seperti abu pozzolan sebagai komponen pembentuk dimulai pada periode Yunani dan Romawi. Bangsa Romawi menggunakan campuran kapur, pozzolan, dan batu apung untuk membangun banyak infrastruktur seperti saluran air, bangunan, dan saluran drainase. Di Indonesia penggunaan yang serupa bisa dilihat pada beberapa bangunan kuno yang tersisa. Benteng Indrapatna di Aceh yang dibangun pada abad ke-7 oleh kerajaan Lamuri, bahan bangunannya berupa kapur, tanah liat, dan batu gunung.

Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, untuk membentuk suatu massa padat dengan perbandingan tertentu. Didalam sebuah konstruksi, beton adalah sebuah bahan komposit yang dibentuk dari kombinasi agregat dan pengikatnya yaitu semen. Bentuk beton yang paling umum adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen, dan air. Menurut Mulyono (2005), beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*).

Pada zaman modern sekarang ini teknologi beton telah mengalami perkembangan atau kemajuan yang sangat pesat terutama pada proses pembuatan beton itu sendiri. Dalam pembuatan beton dilakukan pengadukan campuran material terlebih dahulu, di dalam proses pembuatan beton terdapat dua metode pengadukan yaitu metode pengadukan menggunakan masinal (*molen*) dan dengan metode manual. Dalam metode pengadukan masinal (*molen*) bahan material semen, agregat kasar, halus, dan air dimasukkan ke dalam wadah molen yang akan diputar terus menerus sampai didapatkan campuran yang homogen. Dalam metode pengadukan manual dibutuhkan alat pembantu seperti sekop, cangkul, dan alat lainnya.

Pengadukan atau pencampuran beton adalah suatu langkah yang berpengaruh terhadap pengendalian mutu beton. Pengadukan yang tidak sesuai akan mempengaruhi kemudahan pelaksanaan atau performa beton di dalam pemakaiannya. Dalam pengadukan beton, dirancang sedemikian rupa

sehingga beton yang dihasilkan dapat dengan mudah diproduksi dengan biaya serendah mungkin. Disamping itu beton juga harus memiliki workability yang tinggi dan sifat pengikatan yang baik dalam keadaan plastis (belum mengeras mengeras) agar beton yang dihasilkan kuat dan tahan lama. Selain daripada itu, pada saat melaksanakan pengadukan perlu mempertimbangkan lingkungan tempat beton akan berdiri, misalnya di lingkungan pantai, beban berat, atau kondisi cuaca ekstrem.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk mengetahui bagaimana korelasi metode pengadukan terhadap nilai slump dan kuat tekan beton dengan proporsi campuran yang sama.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana korelasi metode pengadukan beton dengan menggunakan masinal (*molen*) dan metode pengadukan manual dengan proporsi campuran yang sama terhadap nilai slump dan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

1.3 Pembatasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Benda uji berbentuk silinder.
3. Benda uji yang digunakan sebanyak 32 buah
4. Semen yang digunakan adalah semen portland type I.
5. Agregat halus yang digunakan adalah pasir sungai.
6. Agregat kasar yang digunakan adalah batu kerikil dengan ukuran 1-4 cm.
7. Proporsi campuran dengan perbandingan 1: 2: 3 dengan FAS 0.5 dalam berat.
8. Cara pengadukan yang digunakan adalah pengadukan dengan masinal (*molen*) dan manual
9. Variasi waktu pengadukan yang digunakan 3 dan 6 menit untuk pengadukan masinal dan 15 dan 30 menit untuk pengadukan manual
10. Perawatan dilakukan dengan cara perendaman.
11. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui korelasi antara metode pengadukan terhadap nilai slump dan kuat tekan beton dengan proporsi campuran yang sama pada umur 28 hari, dengan menggunakan pengadukan masinal (*molen*) dan manual.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada peneliti terkait korelasi antara metode pengadukan menggunakan masinal (*molen*) dan manual terhadap nilai slump dan kualitas kuat tekan beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan pada penelitian ini, maka penulisan tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan peneliti, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas dan juga teori-teori yang berhubungan dengan cara mengatasi masalah.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini mendeskripsikan tentang gambaran penelitian, lokasi penelitian, prosedur penelitian, dan diagram alir penelitian.

BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi kumpulan hasil perhitungan dari pengujian yang dilakukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi pengurai kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan beserta saran atau masukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral, dan agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dimensi struktur yang diinginkan. Kumpulan material tersebut terdiri dari agregat yang halus dan kasar, yang secara kimia berinteraksi dengan air untuk mengikat partikel agregat menjadi massa yang keras.

Menurut SNI 03-28147-2002, pengerian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tambahan yang membentuk massa padat.

2.2 Sifat-sifat Umum Beton

Umumnya beton tersusun atas sekitar 15% semen, 8% air, 3% udara, dan sisanya berupa agregat kasar dan halus. Campuran setelah mengeras memiliki sifat yang berbeda tergantung pada campuran yang digunakan untuk membuatnya, rasio pencampuran, metode pencampuran, metode pengangkutan, metode pencetakan, metode pemadatan, dll. Yang mempengaruhi sifat-sifat beton.

Sifat-sifat beton yang diuraikan tidak selalu sama, dan sifat-sifat tersebut juga ditinjau berdasarkan kebutuhan. yang terpenting ialah beton harus memiliki sifat-sifat sesuai tujuan pemakaiannya. Berikut adalah sifat-sifat umum yang ada pada beton:

1. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan dapat dinilai dari nilai slump yang identik dengan keplastisan beton/kelecekan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Secara umum semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar dikerjakan.

2. Segregation

Kecenderungan butir-butir agregat kasar untuk melepaskan diri dari campuran beton dinamakan segeresi. Hal ini akan menyebabkan darang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan kropos pada beton.

3. Bleeding

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*).

4. Kuat tekan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan ditentukan berdasarkan pembebanan unaksial benda uji silinder beton dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 pada umur 28 hari.

5. Kuat tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10-15% dari kuat tekannya. Kekuatan tarik beton merupakan sifat penting dalam memprediksi retak dan lendutan balok.

6. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan kuat tekan beton terhadap regangan beton, yang biasanya ditetapkan sebesar 25-50% dari kuat tekan beton.

2.3 Bahan Peyusun Beton

Beton yang baik membutuhkan material yang memiliki persyaratan perhitungan yang spesifik dan akurat. Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat (agregat halus dan kasar) dan air. bahan campuran homogen diperoleh dengan pencampuran yang baik dan berbahan plastis sehingga mudah untuk dituang ke dalam cetakan dan kemudian mengalami proses kimia yang menjadi keras.

2.3.1 Semen Portland

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang

terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*), di Indonesia semen portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu:

1. Semen Portland tipe I Dikenal pula sebagai Ordinary Portland Cement (OPC) untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
2. Semen Portland tipe II yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.
4. Semen Portland tipe IV yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Semen Portland tipe V yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Tabel 2.1 berikut adalah jenis-jenis pengujian dan nilai standar yang harus dipenuhi untuk penggunaan pada campuran beton.

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Pengujian Semen Portland

No	Pengujian	Satuan	Nilai Standar	SNI
1	Kehalusan Semen	%	<22	SNI 15-2049-2004
2	Berat Jenis Semen	-	3.1-3.3	SNI 03-2531-1991
3	Konsistensi Normal Semen	%	26-29	SNI 03-6826-2002

4	Pengikat Awal Semen	Menit	45-360	SNI 03-6827-2002
---	---------------------	-------	--------	------------------

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

2.3.2 Sifat-sifat Semen Portland

Semen portland adalah jenis semen yang paling umum digunakan dalam bidang konstruksi. Beberapa sifat umumnya termasuk memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap air, dan kemampuan untuk mengikat material lain secara kuat. Selain itu semen portland juga dapat menyesuaikan dengan berbagai kondisi cuaca dan lingkungan. Semen Portland juga memiliki beberapa sifat-sifat lainnya sebagai berikut :

1. Kehalusan butir
2. Berat jenis dan berat isi
3. Waktu pengerasan semen
4. Kekekalan bentuk
5. Kekuatan semen
6. Pengerasan awal palsu
7. Pengaruh suhu

2.3.3 Bahan Baku dan Senyawa-Senyawa Semen

Bahan baku semen dan senyawa-senyawa semen jika diuraikan susunan senyawanya secara kimia akan terlihat jumlah oksida yang membentuk bahan semen itu. Semen dibuat dari bahan-bahan yang banyak mengandung oksida. Unsur-unsur pembentuk semen antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Komponen Bahan Baku Semen

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 - 75
Silika (SiO ₂)	17 - 25
Alumunia (Al ₂ O ₃)	3 - 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0.5 - 8

Magnesia (MgO)	0.5 - 4
Sulfur (SO ₃)	1 - 2
Soda (Na ₂ O + K ₂ O)	0.5 - 1

(Sumber: Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Masih ditambah sedikit unsur-unsur lain sebagai berikut :

1. Trikalium silikat (C₃S)
2. Dikalium silikat(C₂S)
3. Trikalium aluminat (Ca)
4. Tetrakalium aluminoforit (C₄Af)

Selain senyawa di atas, di dalam semen portland juga ada beberapa senyawa lain yang mempengaruhi senyawa lain. senyawa ini merupakan hasil dari bawaan dari bahan utamanya atau bahan tambahan dalam proses pembuatan semen, senyawa itu antara lain:

1. MgO

Komposisi ini merupakan hasil dari sifat yang melekat pada bahan dasar kapur yang digunakan. Jumlah MgO dalam semen Portland dibatasi maksimal 4%. Jika melebihi jumlah ini maka akan membuat semen menjadi tidak permanen (berubah bentuk) setelah pengerasan terjadi selama beberapa waktu (setelah berbulan-bulan atau tahun). Perubahan bentuk MgO oksida dari oksida menjadi MgO(OH)₂.

2. Kapur Barus (CaO)

Karena komposisi kimia ini kurang tepat saat pembuatannya, produksi atau pembakarannya yang tidak sempurna, dapat terjadi kapur kotor sehingga tidak terikat kedalam senyawa semen.

3. Bagian tidak larut

Zat ini tidak larut dalam HCl. Secara umum substansinya adalah senyawa tanah yang tidak berubah atau silikat untuk empat komposisi semen. Kadar bagian ini yang terlalu tinggi pada semen (maksimal 3%) menunjukkan bahwa pembakaran atau penyusutan senyawa semen tidak baik. Atau terdapat kemungkinan bahwa semen tadi telah sengaja dibubuhi benda lain setelah penggilingan selesai. Terlepas dari konsekuensinya penambahan ini tidak merusak semen, tetapi sifat dari semen yang mengandung terlalu

banyak bahan ini akan menyusut kekuatannya karena dicampur dengan benda-benda yang tidak berguna.

4. Kadar alkali

Semen portland biasanya memiliki kandungan alkali yang rendah (kurang dari 1%). Kandungan alkali semen mempengaruhi waktu pengerasan, menggunakan konsentrasi alkali diatas 0.6% dapat menyebabkan pengembangan campuran semen agregat yang reaktif yaitu agregat yang mengandung silika amorf.

5. Kadar hilang pemijaran

Zat ini berasal dari benda-benda yang terbang pada suhu 880 c, biasanya air atau CO₂. Semen yang sudah kehilangan kadar hilang pemijarannya , adalah semen yang sudah mengandung bagian yang sudah mengeras. Kadar pada bagian ini dibatasi maksimal 3%-4%.

6. Kadar gips

Gips di dalam semen yang ditambahkan untuk memperlambat pengerasan klinker semen. Jika klinker semen digiling tanpa penambahan gips, bubuk halus klinker akan segera bersenyawa dengan air dan adonan itu akan mengeras dalam waktu kurang lebih 10 menit. Hal ini akan menyulitkan dalam pemakaian semen, dengan demikian untuk dapat memperlambat pengerasan bubuk klinker dicampur gips. Penambahan bahan ini dalam semen adalah maksimum 4% dari berat klinker. Dalam analisis ini gips akan terlihat sebagai senyawa SO₃ dan dibatasi jumlahnya sampai kurang lebih 2,5% -3 %.

7. Panas hidrasi

Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Jumlah panas yang dibebaskan ini tergantung dari kadar susunan senyawa semen dan kehalusan butirannya. Senyawa semen yang paling besar mengeluarkan panas adalah C₃A kemudian C₄AF dan yang terendah adalah C₂S. Adanya pelepasan panas ini mempercepat pembebasan senyawa. Tapi kemudian pengerasan terjadi dan bagian yang mengeras memiliki sifat perpindahan panas yang lambat. Jika suatu masa yang terbuat dari semen terlalu tebal, panas hidrasi didalam benda itu akan tinggi sehingga dapat mengakibatkan retak, susut, dan lain-lain.

2.3.4 Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi sifat beton atau mortar, karena agregat menempati kira-kira sekitar 70% dari volume beton atau mortar. Menurut Kardiyono (1997), agregat adalah butiran material mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun sebagai pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar (beton).

Fungsi agregat adalah sebagai bahan pengisi yang sangat berpengaruh terhadap sifat dan keawetan beton, sehingga biasanya jumlahnya sekitar 75% dari total kandungan beton. Misalnya ketahanan beton terhadap pembekuan-pencairan, kondisi basah dan kering, pemanasan dan pendinginan, serta reaksi kimia. Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton, sehingga harus lebih diperhatikan. Selain itu, dapat mengurangi susut pengerasan beton dan mempengaruhi koefisien muai panas. Pilihan jenis agregat yang akan digunakan tergantung pada kualitas bahan agregat, ketersediaan di tempat, harga, dan konstruksi yang digunakan.

Agregat memiliki beberapa fungsi penting dalam konstruksi, antara lain:

1. Sebagai bahan pencampur: Agregat halus digunakan sebagai bahan pencampur adukan beton dan mortar, memberikan stabilitas, kekuatan, dan kerja yang baik pada material tersebut.
2. Memberikan kekuatan tekan dan tarik: Agregat halus berkontribusi dalam memberikan kekuatan dan tarik pada beton untuk menopang beban struktural.
3. Pengendalian kualitas beton: Agregat halus berperan dalam mengontrol karakteristik beton, seperti kekuatan, ketahanan terhadap abrasi, dan retak.
4. Memberikan stabilitas dimensi: Agregat halus membantu dalam memberikan stabilitas dimensi dan volume beton saat mengalami perubahan suhu atau kelembaban.
5. Meningkatkan kinerja fisik: Agregat halus dapat meningkatkan kinerja fisik beton, seperti ketahanan terhadap beban dinamis, perubahan suhu, dan penetrasi air.

2.3.4.1 Agregat Halus (Pasir)

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. Agregat halus adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat Halus (pasir) adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5 % (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Agregat halus merupakan contoh bahan material yang berbentuk butiran. Umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Material pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Pasir pada umumnya terdapat di sungai-sungai yang besar. Akan tetapi pasir yang digunakan untuk bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat yang ditentukan, syarat-syarat tersebut antara lain :

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara 0,15 mm sampai 5 mm.
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur karena pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak dan sebagainya.
6. Mempunyai modulus kehalusan 1.5 – 3.8.

Tabel 2. 3 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ASTM	Presentasi Berat yang Lolos Saringan
9.5 mm	100
4.76 mm	95 – 100
2.36 mm	80 – 100
1.19 mm	50 – 85
0.595 mm	23 – 60

0.300 mm	10 – 30
0.150 mm	1 – 10

(Sumber: ASTM C-33)

Agregat halus memiliki beberapa sifat yang penting dalam konstruksi yaitu:

1. Ukuran butiran, agregat halus memiliki ukuran butiran yang lebih kecil dari agregat kasar, biasanya antara 0.075 hingga 4,75 milimeter.
2. Tekstur, sifat tekstural agregat halus mempengaruhi sifat-sifat mekanik beton, seperti kekuatan dan ketahanan terhadap deformasi.
3. Kelembapan, semakin halus agregat halus, semakin besar kemampuannya untuk mengisi celah diantara butiran agregat kasar dan semen, yang mempengaruhi kekuatan kerja beton.
4. Bentuk butiran, bentuk butiran agregat halus, apakah berbentuk bulat atau berbentuk serpih, dapat mempengaruhi kemudahan pencampuran dan kemampuan agregat untuk mengunci satu sama lain.
5. Kekuatan, kekuatan agregat halus mempengaruhi kekuatan akhir beton dan mortar.
6. Kadar lumpur, kandungan lumpur dalam agregat halus dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik beton dan mortar serta kemampuan adhesi dengan semen.

Tabel 2. 4 Jenis-jenis Pengujian Agregat Halus

No	Pengujian	Satuan	Nilai Standar	SNI
1	Zat Organik	-	No.3 Hitam Keabuan	-
2	Berat Jenis (SSD)	-	2.5-2.8	SNI 03-1970-1990
3	Penyerapan Air	%	2-7	SNI 03-1970-1990
4	Berat Isi	gr/cm ³	1.4-1.9	SNI 03-1973-2008
5	Kadar Air	%	3-5	SNI 03-1971-1990
6	Kadar Lumpur	%	<5	SNI S-04-1998-F
7	Fineness Modulus	-	1.5 - 3.8	SNI 09-1968-1990

(Sumber: Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT)

2.3.4.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Menurut SNI-03-2847-2002 agregat kasar (kerikil) sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin.

Kandungan agregat kasar dalam campuran beton mengisi 60%-70% dari volume beton. Agregat kasar berfungsi sebagai antara volume dan kekuatan beton. Menurut PBI 1971, kriteria agregat kasar yang digunakan dalam beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa krikil sebagian hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm.
2. Harus terdiri dari buti-butir yang keras dan tidak berpori, agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pcah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus di cuci.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperi zat -zat yang relatif alkali.
5. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudelog dengan beban pengujian 20 T, dengan syarat- syarat berikut :
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24%.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat.
 - c. Atau dengan mesin penghalus Los Angles dengan mana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat-sayat berikut :

- a. Sisa diatas ayakan 3,15 mm, harus 0% berat, sisa diatas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % dan 98% berat.
 - b. Selisi antara sisa–sisa komulatif diatas dua ayakan berurutan adalah maks 60% dan min 10%.
7. Berat butir agregat maksimal tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang bidang samping dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tiga per empat dari jarak besi minimal diantara batang–batang atau berkas–berkas tulang.

Agregat Kasar (batu pecah) adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm sampai 40 mm, dan besar butiran maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaian (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Agregat kasar yang akan dicampur pada adukan beton harus memiliki syarat kualitas yang ditetapkan. agregat halus harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh ASTM (American Society for Testing Material). Jika semua spesifikasi yang ada terpenuhi, maka bisa dikatakan agregat tersebut bermutu baik.

Tabel 2. 5 Batas-batas Gradasi Agregat Kasar Untuk Maksimal Nominal 40 mm

Ukuran Ayakan (mm)	Pemisahan Ukuran
	Persen (%) Berat yang Lewat Masing-masing Ayakan
75.0	100 – 100
37.5	95 – 100
19.0	35 – 70
9.5	10 – 40
4.75	0 – 5

(Sumber :ASTM 33/03)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Adapun jenis-jenis pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2. 6 Jenis-jenis Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Satuan	Nilai Standar	SNI
1	Berat Jenis (SSD)	-	1.5-2.8	SNI 03-1969-1990

2	Berat Isi	gr/cm ³	1.4-1.9	SNI 03-1973-2008
3	Penyerapan Air	%	<3	SNI 03-1969-1990
4	Kadar Air	%	3-5	SNI 03-1971-1990
5	Keausan	%	<27	SNI 2417; 2008
6	Fineness Modulus	-	6.0-7.1	SNI 09-1968-1990)

(Sumber: Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT)

2.3.5 Faktor Air Semen

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Penggunaan air harus memenuhi syarat yang telah ditentukan tidak mengandung lumpur .

Menurut SNI 03-2834-2000, faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, didalam campuran beton jika air berlebihan maka akan mengakibatkan terjadinya gelembung air dan memperlambat proses terjadinya hidrasi, dan jikalau air kekurangan dalam campuran beton akan mengakibatkan kesulitan dalam proses pemadatan dan tidak tercapainya proses hidrasi. Pada dasarnya penggunaan air semen sekitar 0,4 – 0,65.

Faktor air semen atau *water cement ratio*, adalah rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen pada campuran beton. Faktor air semen (FAS) atau *water cement ratio* adalah indikator yang penting dalam perancangan campuran beton. Fungsi FAS ada dua, yaitu:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Fas yang tinggi dapat menyebabkan mutu beton rendah dan semakin rendah fas kuat tekan beton semakin tinggi. Namun nilai fas yang semakin rendah tidak berarti nilai kuat tekan beton semakin tinggi. Nilai fas yang rendah mempengaruhi dalam pengerjaan, kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada fas optimum untuk

menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai fas minimum untuk beton normal sekitar 0.4 dan maksimum 0.65 (Tri Mulyono 2003)

2.4 Beton Berdasarkan Bahan Pengisi Agregat

Berdasarkan bahan pengisi agregat beton dikategorikan sebagai berat isi beton (*concrete density*) dikelompokkan menjadi tiga yaitu beton ringan, beton normal, dan beton berat. Pengelompokan ini didasarkan atas berat isi dari beton yang dihasilkan. Disebut beton normal jika beton mempunyai berat isi 2.200 kg/m³ sampai dengan 2.500 kg/m³ (SNI 03-2834-2000) dibuat dari agregat normal. Beton berat adalah beton yang mempunyai berat isi lebih besar 2.500 kg/m³ biasanya digunakan untuk untuk dinding beton radiasi. Sedangkan beton ringan (*low density concrete*) (ACI Committe 318, September 2014; aci ct-13, January 2013) adalah dengan berat isi 50 lb/ft (800 kg/m³) dengan menggunakan agregat ringan, jika menggunakan agregat normal atau kombinasi dengan agregat ringan beton dikelompokkan sebagai beton ringan (*lightweight concrete*) jika memiliki berat antara 70 sampai 120 lb/ft (1120-1920 kg/m³).

Variabilitas dalam kepadatan dapat digunakan untuk menghasilkan beton dengan berat isi yang sangat berbeda. Klasifikasi yang paling umum dari agregat dengan berat jenis ringan, dengan berat isi normal, serta berat. Berdasarkan bahan pengisinya akan menentukan berat isi beton, yang diklasifikasikan pada tabel

Tabel 2. 7 Klasifikasi Beton Berdasarkan Berat

Kategori	Berat isi agregat (kg/m ³)	Berat isi beton (kg/m ³)	Kekatan tekan tipikal (MPa)	Aplikasi umumnya
Sangat ringan	<500	300-1100	<7	Nonstruktural
Ringan	500-800	1100-1600	7-14	Material isolasi
Ringan struktural	650-1100	1450-1900	17-35	Unit masonry strukter
Normal	1100-1750	2200-2500	20-40	Struktural
Berat	>2100	2900-6100	20-40	Beton panahan radiasi

(Sumber: Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT)

2.5 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan campuran beton merupakan proses penting dalam industri konstruksi untuk memastikan bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Tujuan

pemeriksaan bahan campuran beton untuk memastikan bahwa setiap komponen memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk campuran beton yang akan diproduksi. Pada pemeriksaan bahan campuran beton biasanya meliputi analisis kualitas bahan-bahan baku pembentuk beton seperti agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan semen. Berikut adalah beberapa pengujian yang dilakukan pada bahan campuran beton.

2.5.1 Pemeriksaan Semen

Pemeriksaan semen merupakan langkah penting dalam memastikan kualitas beton. Ini melibatkan beberapa pengujian yaitu kehalusan semen, berat jenis semen, konsistensi normal semen, dan pengikatan awal semen. Pengujian tersebut membantu memastikan bahwa kualitas semen memenuhi standar yang diperlukan untuk pengaplikasian konstruksi tertentu, berikut adalah beberapa pengujian yang dilakukan terhadap semen:

2.5.1.1 Kehalusan Semen Portland

Kehalusan semen mempunyai pengaruh penting terhadap laju hidrasi dan juga laju perolehan kekuatan serta laju pelepasan panas. Semen yang lebih halus menawarkan luas permukaan yang lebih besar untuk hidrasi dan karenanya mempercepat pengembangan kekuatan. Pemeriksaan kehalusan semen bertujuan untuk mendapatkan semen standar sebagai bahan pengikat dalam campuran beton. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kehalusan semen portland.

$$F = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana :

F = Kehalusan semen portland.

a = Berat tertahan di atas masing-masing saringan.

b = Berat benda uji semula.

2.5.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Pemeriksaan berat jenis semen dilakukan untuk menentukan massa jenis relatifnya, yang merupakan perbandingan massa jenis semen terhadap massa jenis air. Pemeriksaan berat jenis semen dengan metode Le Chatelier adalah salah satu metode yang umum digunakan, metode ini dilakukan untuk mengukur perubahan volume semen ketika direndam dalam larutan air. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung berat jenis semen.

$$BJ = \frac{W}{(V_1 - V_2)} \times d \quad (2.2)$$

Dimana :

BJ = Berat jenis semen portland (gram/ml)

W = Berat sampel (gram)

V₁ = Volume awal (ml)

V₂ = Volume akhir (ml)

d = Berat isi air

2.5.1.3 Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen

Tujuan utama dari pemeriksaan konsistensi normal semen adalah untuk menentukan kekentalan atau konsistensi yang optimal dari campuran semen. Pemeriksaan konsistensi normal semen sangat penting karena dapat mempengaruhi kemampuan semen ketika dicampur dengan agregat dan air secara merata, serta kinerja beton yang dihasilkan. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung konsistensi normal semen.

$$\text{Konsistensi Normal} = \frac{\text{Jumlah Air}}{\text{Berat Semen}} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.5.1.4 Pemeriksaan Pengikatan Awal Semen

Pengikatan awal semen adalah jangka waktu mulainya pengukuran pada semen pada konsistensi normal semen hingga pasta semen kehilangan sebagian sifat plastis. Tujuan pemeriksaan pengikatan awal semen adalah untuk memastikan bahwa semen dapat membentuk ikatan yang kuat dan padat dengan cepat setelah dicampur dengan air, sehingga semen dapat menghasilkan kekuatan yang cukup untuk mendukung beban struktural dengan cepat setelah pengaplikasian.

2.5.2 Pemeriksaan Agregat

Tujuan pemeriksaan agregat adalah untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan dalam campuran beton atau aspal memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa campuran beton memiliki kekuatan, ketahanan aus, stabilitas, dan kinerja yang diinginkan dalam aplikasi konstruksi. Pemeriksaan agregat juga membantu mengidentifikasi potensi masalah atau cacat dalam agregat yang dapat mempengaruhi kualitas akhir dari campuran beton. Di dalam penelitian ini pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, pemeriksaan kadar air,

pemeriksaan berat isi, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, pemeriksaan kadar lumpur, dan pemeriksaan keausan agregat kasar.

2.5.2.1 Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah metode yang digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel agregat. Proses pemeriksaan analisa saringan ini dilakukan melalui serangkaian penyaringan dengan ukuran lubang saringan yang berbeda-beda. Setelah proses penyaringan selesai, berat dari masing-masing agregat yang tertinggal di saringan ditimbang untuk memastikan bahwa distribusi ukuran agregat sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Tujuan dari analisa saringan adalah untuk mendapatkan nilai modulus halus butir agregat dan gradasi perbutiran agregat. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung modulus kehalusan butir agregat.

$$FM = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \quad (2.4)$$

Dimana:

FM = Fineness Modulus (Modulus Halus Butir)

2.5.2.2 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air agregat adalah jumlah air yang terperangkap dalam pori-pori agregat, yang diukur sebagai persentase berat dari agregat kering. Pemeriksaan kadar air agregat adalah proses untuk menentukan jumlah air yang terperangkap dalam agregat, dengan mengetahui banyaknya kadar air, maka campuran beton dapat disesuaikan agar faktor air semen yang diambil konstan. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air.

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dimana:

W = Kadar Air (%)

W₁ = Berat basah pasir (gr)

W₂ = Berat kering pasir (gr)

2.5.2.3 Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Berat isi agregat merupakan ukuran berat agregat per satuan volume tertentu. Berat isi agregat sering kali dinyatakan dalam satuan kg/m^3 tergantung pada sistem pengukuran yang digunakan. Tujuan pemeriksaan berat isi agregat adalah untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan dalam campuran beton memiliki berat isi yang sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung berat isi agregat.

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \quad (2.6)$$

Dimana:

γ = Berat isi agregat

W_3 = Berat Sampel

V = Volume wadah

2.5.2.4 Berat Jenis dan Penyerapan

Berat jenis dan penyerapan agregat merupakan perbandingan berat sejumlah agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap berat air yang terserap agregat pada kondisi jenuh permukaan dengan berat agregat dalam keadaan kering oven. Tujuan dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan adalah untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat halus dan agregat kasar. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung berat jenis dan penyerapan.

$$\text{Berat Bulk} = \frac{B_k}{(B+B_s-B_t)} \quad (2.7)$$

$$\text{Berat Uji Permukaan Jenuh} = \frac{B_s}{(B+B_s-B_t)} \quad (2.8)$$

$$\text{Berat Uji Semu} = \frac{B_k}{B+B_k-B_t} \quad (2.9)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_s-B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dimana:

B_k = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bs = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

2.5.2.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan dari pemeriksaan kadar lumpur agregat halus adalah untuk mengetahui persentase berat dari material halus, seperti debu, pasir halus, dan partikel lembut lainnya yang terdapat dalam agregat halus. Kadar lumpur agregat halus adalah parameter penting yang dievaluasi dalam analisis agregat karena dapat mempengaruhi sifat-sifat campuran beton. Kelebihan lumpur dapat menyebabkan campuran menjadi tidak kohesif dan sulit untuk dicampur, sedangkan kurangnya lumpur dapat mengurangi kohesi dan meningkatkan risiko retak pada campuran beton. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar lumpur agregat halus.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana:

V_1 = Tinggi pasir

V_2 = Tinggi lumpur

2.5.2.6 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Keausan agregat kasar adalah istilah yang mengacu pada tingkat keausan atau abrasi yang dialami oleh agregat kasar selama penggunaannya dalam campuran beton. Pemeriksaan keausan agregat kasar adalah proses untuk mengevaluasi tingkat keausan atau abrasi yang dialami oleh agregat kasar, metode umum untuk melakukan pemeriksaan keausan agregat kasar adalah dengan menggunakan uji keausan Los Angeles. Pemeriksaan ini melibatkan proses memutar sampel agregat dalam drum dengan bola baja, yang menyebabkan gesekan dan abrasi antara agregat. Setelah jumlah putaran tertentu, agregat diuji untuk menentukan jumlah keausan yang terjadi. Pemeriksaan keausan agregat kasar penting dilakukan untuk memahami kemampuan agregat untuk bertahan dalam kondisi penggunaan yang sesungguhnya dan untuk mengantisipasi perubahan yang mungkin terjadi dalam kinerja campuran beton pada konstruksi seiring waktu. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung keausan agregat kasar.

$$K = \frac{A-B}{A} \times 100\% \quad (2.10)$$

Dimana:

K = Keausan agregat kasar

A = Berat sampel semula (gr)

B = Berat sampel tertahan

2.6 Metode Perencanaan Campuran

Metode perencanaan campuran beton adalah pendekatan sistematis untuk menghitung proporsi bahan-bahan yang diperlukan untuk menghasilkan campuran beton yang memenuhi persyaratan teknis dan kualitas yang diinginkan. Tujuan utamanya adalah untuk mencapai campuran beton yang memiliki kekuatan, ketahanan, dan kinerja yang sesuai dengan kebutuhan proyek tertentu. Dalam praktek di lapangan, metode perencanaan campuran beton yang umum digunakan antara lain metode *ACI* dan metode coba-coba (*trial and error*).

1. Metode ACI (*American Concrete Institute*)

Metode ACI (*American Concrete Institute*) merupakan metode yang mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pekerja, serta keawetan, kekuatan beton.

2. Metode coba-coba (*trial and error*)

Metode coba-coba (*trial and error*) merupakan metode yang biasa digunakan di laboratorium dengan membuat pencampuran atau kombinasi bahan pembuat beton dengan perbandingan dan ukuran bahan penyusun berbeda. Dengan metode ini akan memperoleh hasil komposisi dengan workability spesifik.

2.7 Pengadukan

Pengadukan beton adalah proses pencampuran bahan-bahan pembentuk beton, semen, air, agregat halus, agregat kasar sampai warna adukan rata dan kelecakan cukup dan homogen, proses ini penting untuk memastikan kekuatan, kepadatan, dan keberhasilan pada proyek tertentu. Berikut adalah beberapa metode pengadukan yang umum digunakann.

2.7.1 Pengadukan Manual

Pengadukan beton secara manual adalah mengaduk beton dengan menggunakan peralatan yang sederhana dan tenaga penggerakannya menggunakan tenaga manusia. Cara pengadukan seperti ini sampai sekarang masih tetap dilakukan, karena disamping hemat biaya juga cara kerja yang sangat mudah. Akan tetapi pengadukan secara manual, hanya boleh dilakukan untuk pembuatan mutu beton kurang dari Bo (mutu beton non structural) dan volume yang kecil. SNI tidak mengatur secara spesifik lama waktu pengadukan pada pengadukan secara manual, tetapi menyarankan agar tidak melakukan pengadukan lebih dari 1 jam. Banyaknya volume aduk untuk sekali aduk dibatasi pula, yaitu tidak boleh melebihi $\frac{1}{4}$ m³ ini bertujuan agar pengerjaan dan kerataan aduk mudah dicapai. Persyaratan pengadukan secara manual :

1. Bahan-bahan adukan harus tercampur merata
2. Lama pengadukan dibatasi sampai adukan terlihat merata dan mengental
3. Pengadukan beton untuk semua mutu beton, kecuali mutu Bo harus dilakukan dengan mesin pengaduk. Mesin pengaduk untuk membuat beton kelas III harus dilengkapi dengan alat pengukur jumlah air pencampur .
4. Selama pengadukan berlangsung, pengawasan pelaksanaan harus diperhatikan benar-benar, misalnya : memeriksa slump dari setiap campuran beton yang baru.

Akan tetapi pengadukan beton dengan cara manual dengan tangan cenderung memiliki beberapa kekurangan, diantaranya sebagai adalah:

1. Waktu dan tenaga
Proses pengadukan secara manual memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak dibandingkan dengan pengadukan masinal, hal ini dapat mempengaruhi efisiensi dan produktivitas pada sebuah proyek.
2. Kualitas campuran tidak konsisten
Konsistensi campuran beton dapat bervariasi tergantung pada keterampilan manusia yang melakukan pengadukan. Hal ini bisa menghasilkan kualitas beton yang tidak konsisten dari satu *batch* ke *batch* berikutnya.
3. Penurunan konsistensi
Pengadukan secara manual dapat menyebabkan penurunan konsistensi campuran beton. Proses ini dapat menyebabkan agregat menjadi lebih padat atau terkumpul, yang

mengurangi kemampuan beton untuk mengalir dan menjaga bentuk slump yang diinginkan.

4. Kehilangan air

Karena pengadukan manual membutuhkan waktu lebih lama, maka hal ini dapat menyebabkan air dalam campuran beton dapat menguap atau diserap oleh material lain seperti agregat. Hal ini dapat mengurangi kandungan air untuk menjaga konsistensi dan kelembaban beton, yang pada akhirnya mengurangi nilai slump.

5. Keterbatasan volume

Pengadukan beton secara manual tidak cocok untuk produksi beton dalam jumlah besar karena memerlukan tenaga manusia yang cukup banyak dan tidak efisien dalam segi waktu.

Mengaduk beton secara manual perlu diperhatikan kerataan pencampuran bahannya, apabila pada campuran tersebut terlihat ada perbedaan warna maka campuran tersebut belum rata/homogen. Untuk itu pengadukan harus dilakukan kembali, kerataan pencampuran dapat diperoleh pada umumnya setelah 3 kali pengadukan. Jika tidak, maka harus ulangi samapai tercapai homogenitas campuran itu. Disamping itu perlu dilakukan perlindungan adukan dari kotoran dan cuaca, merupakan salah satu usaha untuk mencegah berkurangnya mutu adukan. Perlindungan ini dapat dilakukan dengan membuat tempat aduk dari papan kayu atau lantai kerja yang diplester dan atasnya dipasang atap pelindung. Atau dari bahan yang tidak meresap air, seperti pelat besi.



Gambar 2. 1 Pengadukan Manual

2.7.2 Pengadukan Masinal (*Molen*)

Pengadukan secara masinal dilakukan dengan mesin aduk (*mixer*) dilaksanakan untuk pengecoran beton struktur, dan volume pengecoran yang cukup besar. Dibandingkan dengan pengadukan manual hasil pengadukan secara masinal lebih baik, karena homogenitas adukan lebih merata, volume pengadukan lebih banyak serta nilai kekokohnya 20-50% lebih besar.

Untuk pengadukan menggunakan molen, prinsip dasarnya sama dengan pengadukan secara manual, hanya proses pencampuran bahan adukan beton dilakukan di dalam molen yang terus menerus berputar. Hasil adukan beton dengan menggunakan molen lebih baik dan lebih merata dibandingkan dengan proses pengadukan secara manual atau tangan. Berikut ini adalah hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengadukan secara masinal:

1. Beton harus diaduk sedemikian hingga tercapai penyebaran bahan yang merata dan semua hasil adukannya harus dikeluarkan sebelum mesin pengaduk diisi kembali.
2. Pengadukan harus dilakukan tidak kurang dari 1-1.5 menit untuk setiap lebih kecil atau sama dengan 1 m³ adukan. Waktu pengadukan harus ditambah 0.5 menit untuk setiap penambahan kapasitas 1 m³ adukan.
3. Pengadukan harus dilanjutkan minimal 1-1.5 menit setelah semua bahan dimasukkan ke dalam mesin pengaduk (atau sesuai dengan spesifikasi alat pengaduk).
4. Selama pengadukan berlangsung, kekentalan adukan beton harus diawasi terus menerus dengan jalan memeriksa slump pada setiap campuran beton yang baru.
5. Kekentalan beton harus disesuaikan dengan jarak pengangkutan.
6. Bila produksi beton dilakukan oleh perusahaan beton siap pakai, maka keseragaman pengadukan harus mengikuti ketentuan yang berlaku.
7. Perekaman data yang rinci harus dilakukan terhadap :
 - a. Waktu dan tanggal pengadukan dan pengecoran.
 - b. Proporsi bahan yang digunakan.
 - c. Jumlah batch-adukan yang dihasilkan.
 - d. Lokasi pengecoran akhir pada struktur.

Kelebihan dari pengadukan beton secara masinal adalah memiliki konsistensi yang lebih baik dalam campurannya, lamanya waktu pengadukan yang lebih singkat yang menyebabkan adukan tidak

kehilangan banyak air, dan penghematan tenaga kerja. Selain itu pengadukan masinal juga dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi dalam proyek konstruksi.



Gambar 2. 2 Pengadukan masinal sederhana

Berikut ini juga merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengadukan secara masinal agar mempermudah pengerjaan dilapangan.:

1. Bagian dalam dari wadah alat pengaduk harus cukup basah, sehingga tidak menambah atau mengurangi air pencampur.
2. Lamanya waktu pengadukan sesuai dengan kapasitas dari mixer.
3. Bahan-bahan seperti pasir dan kerikil harus dalam keadaan SSD (saturated surface dry) supaya pengawasan faktor air semen yang tetap untuk setiap pengadukan dapat dilaksanakan.
4. Wadah alat transport harus dibasahi air sebelum beton dituang ke dalamnya.
5. Mesin aduk (mixer) tidak boleh diisi melebihi kapasitasnya, karena akan menyebabkan bahan tumpah sehingga proporsi bahan menjadi tidak tepat.

Tabel 2. 8 Waktu Pengadukan Masinal

Kapasitas Mixer	Ketentuan ASTM C94 dan ACI318
0.8 – 3.1 m ³	1 menit
3.8 – 4.6 m ³	2 menit
7.6 m ³	3 menit

Sumber : ASTM C94 dan ACI318

Menurut SNI-2493-2011, waktu pengadukan minimal untuk campuran beton sekitar 2 hingga 3 menit untuk setiap batch. Namun dalam beberapa situasi tertentu, seperti campuran khusus atau kondisi tertentu, waktu pengadukan bisa diperpanjang 3 sampai 6 menit. Tetapi, hal ini sebaiknya disesuaikan dengan kondisi spesifik dan persyaratan yang ditentukan.

2.7.3 Pengadukan Masinal (*Ready Mix*)

Beton *ready mix* adalah campuran beton yang telah dipersiapkan dan dicampur di pabrik atau *batching plant* dengan mesin berteknologi tinggi, kemudian diangkut menggunakan truk mixer tanpa perlu proses pengolahan lagi. Beton ini siap digunakan segera setelah tiba di lokasi dan biasanya digunakan untuk konstruksi jalan, gedung, dan berbagai proyek skala besar lainnya. Proses pembuatan beton ini meliputi pemilihan material, penempatan material, pengangkutan melalui *conveyor*, dan proses pencampuran dengan beberapa tombol kontrol oleh operator selama produksi. Setelah proses pencampuran material selesai selanjutnya diturunkan ke truk *ready mix*, untuk dilakukan penambahan air dan dilakukan putaran oleh truk *ready mix* untuk menyelesaikan pencampuran secara sempurna dan beton segar siap dikirim ke proyek.



Gambar 2. 3 Pengadukan masinal ready mix

2.8 Pengukuran Slump

Pengukuran slump adalah pengujian yang dilakukan untuk memeriksa kekonsistenan beton yang baru saja dibuat. Ini berguna untuk menentukan kelayakan beton yang akan digunakan untuk konstruksi atau tidak. Slump merupakan tinggi dari adukan dalam kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, semakin tinggi tingkat kekenyalan maka semakin mudah pengerjaannya

(nilai workability tinggi). Hubungan kuat tekan beton dengan nilai slump adalah semakin tinggi nilai slump maka semakin rendah kuat tekannya (Tri Mulyono, 2004).

Tujuan dari pengukuran slump adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Slump didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan slump diangkat (SNI 03-1972-2008).

Tabel 2. 9 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maks	Min
Dinding, Plat Pondasi, Pondasi Telapak Bertulang	12.5	5.0
Pondasi Telapak Tidak Bertulang, Kaison, dan Struktur Bawah Tanah	9.0	2.5
Plat, Kolom, Balok, Dinding	15.0	7.5
Pengerasan Jalan	7.5	5.0
Pembetonan Massal	7.5	2.5

(Sumber: Kardiyono Tjokridimuljo, 1995)

2.9 Perawatan Beton

Pada saat campuran beton diletakkan di dalam cetakan hingga beton mengeras dan kuat, maka harus dilakukan perawatan. Pekerjaan perawatan ini diantaranya adalah dengan memastikan agar permukaan beton agar selalu basah. Sepanjang proses pengerasan, beton akan mengalami reaksi kimia yaitu, proses hidrasi yang membutuhkan air dalam jumlah yang cukup, sehingga terjadinya penguapan dapat dihindari, sebab penguapan dapat menghentikan proses hidrasi akibat kehilangan air. Penguapan selain menghentikan proses hidrasi juga dapat menyebabkan penyusutan kering secara cepat. Yang dapat mengakibatkan beton menjadi retak. Supaya proses hidrasi terjadi dengan baik diperlukan kelembaban permukaan beton konstan dan tidak boleh kering. Kelembaban permukaan beton dapat membantu proses hidrasi berjalan dengan sempurna, membuat beton menjadi tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air. Perawatan beton yang perlu dilakukan adalah menjaga kelembaban beton agar terus menerus dalam keadaan basah selama beberapa hari dan mencegah penguapan dan penyusutan awal. Perawatan yang teratur dan terjaga akan mempertahankan kualitas beton itu sendiri yaitu membuat beton tahan terhadap agresi kimia.

2.10 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, kuat tarik tinggi, kuat lekat tinggi, susut kecil, tahan atas pengaruh cuaca, tahan terhadap zat kimia dan mempunyai elastisitas tinggi. Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut.

1. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
2. Benda uji diletakan pada mesin penekan dan posisinya diatur agar supaya tepat berada ditengah-tengah plat penekan.
3. Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan secara continue dengan mesin hidrolisk sampai benda uji mengalami kehancuran.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu:

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik.

2. Umur beton

Umur beton memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Secara umum kuat tekan beton akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Ini disebabkan oleh prose hidrasi semen yang terus berlanjut, dimana partikel-partikel semen bereaksi dengan air untuk membentuk matriks padat yang menguatkan struktur beton. Pada awalnya, peningkatan kuat tekan beton biasanya cukup cepat, tetapi kemudian proses ini berlangsung dengan kecepatan yang lebih lambat seiring waktu. Umur 28 hari umumnya digunakan sebagai titik referensi untuk mengukur kuat tekan beton karakteristik, tetapi kuat tekan beton dapat terus meningkat setelah periode ini, tergantung pada kondisi lingkungan dan komposisi campuran beton.

3. Jenis semen

Jenis semen yang digunakan dalam campuran beton dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi:

- a. Komposisi semen: Jenis semen memiliki komposisi kimia yang berbeda, yang dapat mempengaruhi proses hidrasi dan pembentukan matriks padat dalam beton. Beberapa jenis semen memiliki aditif atau bahan tambahan tertentu yang dapat memengaruhi kuat tekan.
- b. Kandungan mineral tertentu: Beberapa jenis semen, seperti semen Portland pozzolanik atau semen Portland fly ash mengandung mineral tambahan seperti abu terbang atau pozzolan, yang dapat mempengaruhi karakteristik hidrasi dan kuat tekan beton.

4. Jumlah semen

Menurut Tjokrodimuljo (1996) jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika nilai FAS sama (nilai slump berubah), beton dengan jumlah kandungan semen yang lebih sedikit akan mempunyai kuat tekan tertinggi.

5. Sifat agregat

Sifat agregat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton. Berikut ini adalah beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan:

- a. Ukuran agregat: Ukuran agregat dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Agregat yang lebih besar cenderung menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi karena memberikan lebih banyak kontribusi mekanis dalam membentuk matriks beton.
- b. Kehalusan agregat halus: Agregat halus yang memiliki butiran yang halus dapat meningkatkan kemampuan pengikatan dengan pasta semen.
- c. Kekasaran permukaan: Kekasaran permukaan agregat juga dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Agregat yang berbentuk baik dan memiliki permukaan kasar dapat meningkatkan adhesi dengan pasta semen, meningkatkan kuat tekan beton.
- d. Kemurnian dan kandungan lainnya: Agregat yang bersih dari kontaminasi organik atau mineral lainnya cenderung menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih baik. Kontaminasi dapat mengganggu proses hidrasi semen dan mengurangi kuat tekan beton.
- e. Kekerasan permukaan agregat: Pengaruh kekerasan agregat kasar terhadap kuat tekan beton terdapat pada FAS yang sama. Pemakaian agregat kasar dari batu pecah akan mempunyai kuat tekan lebih tinggi bila dibandingkan dengan pemakaian agregat dari kerikil alami, karena agregat kasar batu pecah mempunyai ikatan antara butir yang

baik sehingga membentuk daya lekat yang kuat. Dengan lekatan yang kuat menjadikan kekuatan beton menjadi lebih tinggi.

Pada saat adukan beton dibuat, di dalam kondisi plastis beton sama sekali tidak mempunyai kekuatan. Kekuatan beton mulai terjadi setelah mengalami hidrasi dan selanjutnya kekuatan beton akan bertambah seiring naiknya umur beton. Perubahan kenaikan kekuatan beton yang signifikan terjadi sampai umur beton 28 hari, dan setelah itu kenaikannya kecil sehingga kekuatan beton dianggap sudah mencapai nilai maksimum pada 28 hari. Jika pada umur 28 hari kekuatan beton dianggap sudah mencapai 100%, kekuatan beton selain pada umur 28 hari umumnya dikonversikan sebagai berikut :

Tabel 2. 10 Nilai Perbandingan Kuat Tekan Beton pada berbagai umur

Umur Beton (hari)	3	7	12	21	28	90	165
Semen Portland Biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.25	1.50
Kekuatan Awal	0.55	0.75	0.90	0.95	1	1.15	1.25

(Sumber: Peraturan Beton Indonesia, 1971)

2.10.1 Kuat Tekan Masing-Masing Benda Uji

Kuat tekan beton antara lain tergantung pada : faktor air semen, gradasi batuan, bentuk batuan, ukuran maksimum batuan, cara pengerjaan (campuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) dan umur beton (Tjokrodimuljo,1996). Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1989), besarnya kuat tekan masing-masing benda uji dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$f'_c = \frac{P_i}{A} \times \frac{1}{F_u} \quad (2.11)$$

Keterangan:

f'_c = Kuat tekan beton (Mpa = N/mm²)

P_i = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

F_u = Faktor umur

2.10.2 Kuat Tekan Rata – Rata

Kuat tekan rata-rata beton adalah nilai tengah dari kuat tekan yang diukur dari serangkaian benda uji beton yang telah diuji pada usia tertentu, biasanya pada usia 28 hari. Ini merupakan

representasi nilai rata-rata dari sejumlah sampel beton yang diuji, yang mencerminkan kemampuan beton untuk menahan tekanan sebelum terjadi retak atau patah pada strukturnya. Kuat tekan rata-rata beton sering digunakan sebagai parameter penting dalam perancangan dan evaluasi struktur beton. Nilai kuat tekan rata-rata didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut persamaan berikut:

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{c=1}^n f'_{ci}}{n} \quad (2.12)$$

Keterangan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata

$\sum f'_{ci}$ = Jumlah kuat tekan masing-masing benda uji

n = Jumlah benda uji

2.10.3 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah ukuran statistik yang mengukur sebaran atau variasi kuat tekan dari sejumlah sampel beton yang diuji. Standar deviasi beton digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan konsistensi beton pada proyek konstruksi. Ini memberikan informasi tentang seberapa konsisten atau bervariasi kuat tekan beton dari nilai rata-rata.

Jika deviasi standar kuat tekan beton rendah, hal itu menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan beton dari contoh-contoh atau sampel-sampel yang diuji memiliki tingkat konsistensi yang tinggi. Artinya nilai-nilai kuat tekan beton tersebut cenderung mendekati satu sama lain dan memiliki variasi yang sedikit. Hal ini menjadi indikasi bahwa proses produksi beton berjalan dengan baik dan kualitas beton yang dihasilkan cukup konsisten.

Berbanding terbalik, jika standar deviasi kuat tekan beton tinggi, hal itu mengindikasikan bahwa hasil uji kuat tekan beton memiliki tingkat variasi yang lebih beragam. Artinya, nilai-nilai kuat tekan beton tersebut lebih banyak digunakan dan tidak konsisten antara contoh-contoh atau sampel-sampel yang diuji. Hal ini menjadi indikasi bahwa adanya masalah dalam proses produksi beton, seperti kurang tepatnya dalam komposisi bahan baku, perubahan metode produksi, atau faktor yang lain yang mempengaruhi kualitas beton.

Dalam pengaplikasiannya, standar deviasi kuat tekan beton digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengukur kualitas beton dalam proyek konstruksi. Nilai standar deviasi yang tinggi

dapat mengakibatkan pemeriksaan lebih lanjut untuk mengidentifikasi dan memperbaiki penyebab variasi yang tidak diinginkan dalam tekanan beton yang kuat. Dalam rangka menghasilkan beton yang berkualitas tinggi dan konsisten, pengendalian standar deviasi menjadi sesuatu hal yang penting dalam proses produksi beton. Untuk menghitung Standar deviasi dapat menggunakan persamaan berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_{cr} - f'_{ci})^2}{n-1}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

- SD = Standart deviasi (N/mm²)
 f'cr = kuat tekan rata-rata (N/mm²)
 f'ci = kuat tekan masing-masing benda uji (N/mm²)
 n = Jumlah benda uji

Tabel 2. 11 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai tingkatan pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

Sumber: (Kardyono Tjokrodimuljo, 1995)

2.10.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah nilai kuat tekan yang didapatkan dari hasil perhitungan sebagai representasi dari distribusi kuat tekan masing-masing beton, dengan memperhitungkan faktor keamanan. Hal ini biasanya didefinisikan sebagai nilai yang dilampaui oleh 5% sampel beton yang diuji. dengan kata lain, nilai ini merupakan batas bawah yang diharapkan dari kuat tekan beton dalam suatu populasi, yang digunakan dalam perancangan struktur untuk memastikan kinerja yang memadai dan keamanan.

Kuat tekan yang diisyaratkan adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji bisa berbentuk kubus dan silinder), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dan dinyatakan dalam Mega Pascal atau Mpa (SK SNI-T-15-1991-03). Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji tekan dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji berbentuk kubus atau silinder sampai hancur. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'c = f'cr - (1.64 \times SD) \quad (2.14)$$

Keterangan:

$f'c$ = Kuat tekan beton (N/mm^2)

$f'cr$ = Kuat tekan rata-rata (N/mm^2)

SD = Standar deviasi (N/mm^2)

1.64 = Tetapan static yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar 5%

2.10.5 Pola Retak

Pola retak beton adalah pola-pola yang terbentuk saat beton mengalami perubahan volume atau tegangan, seperti saat mengering atau terkena pembebanan. Pola ini bisa bermacam-macam tergantung pada penyebabnya dan dapat memberi petunjuk tentang kondisi struktur.

Pola retak beton bisa memberi referensi tentang kualitas beton, karena penyebab retakan sering terkait dengan proses produksi, komposisi bahan, dan faktor lingkungan. Hubungan antara pola retak beton dan kualitas beton antara lain:

1. Kualitas campuran beton

Ketidak seragaman campuran beton atau proporsi bahan yang tidak tepat bisa mengindikasikan masalah dalam kualitas campuran beton. Campuran beton yang kurang homogen atau memiliki proporsi bahan yang salah dapat menyebabkan retakan yang lebih serius.

2. Kualitas bahan

Retakan bisa terjadi jika bahan yang digunakan tidak berkualitas baik. Misalnya, agregat yang tidak homogen atau bahan tambahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan ketidakstabilan struktural yang memicu retakan.

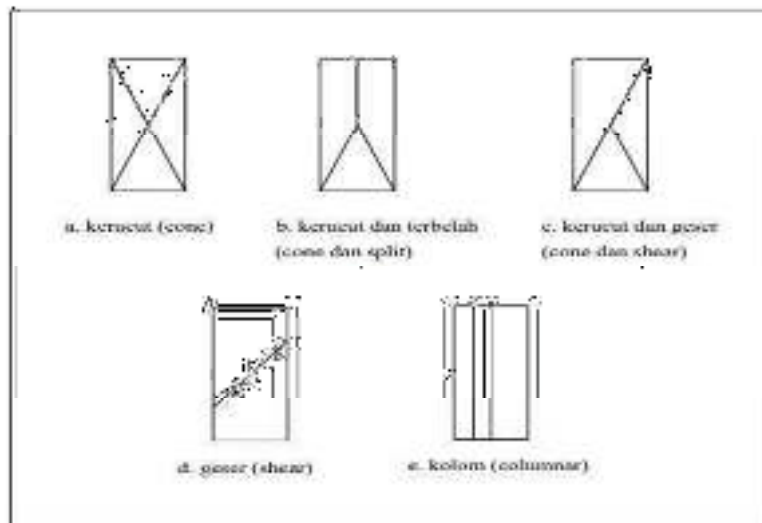
3. Pelaksanaan konstruksi

Kualitas pelaksanaan konstruksi juga sangat berpengaruh. Retakan yang disebabkan oleh kesalahan dalam penempatan tulangan, pengadukan beton yang tidak benar, atau ketidaksempurnaan dalam pembentukan struktur dapat mengindikasikan masalah dalam pelaksanaan konstruksi.

4. Kontrol mutu

Retakan yang muncul di beton juga bisa menjadi indikator bahwa proses kontrol mutu tidak berjalan dengan baik. Kegagalan dalam pengawasan dan memastikan standar kualitas selama produksi dan pelaksanaan konstruksi dapat menyebabkan retakan yang tidak diinginkan.

Pada pengujian beton silinder terdapat beberapa tipe pola retak beton, di antara lain:



Gambar 2. 4 Pola Retak Beton

1. Tipe kerucut (*cone*)

Tipe retakan ini merupakan tipe yang umum terjadi, pembebanan yang diberikan pada benda uji terdistribusi secara merata.

2. Tipe kerucut dan terbelah (*cone and split*)

Tipe retakan ini disebabkan tidak homogenya adukan atau agregat kasar daat pengadukan sehingga pembebanan yang diberikan tidak terdistribusi secara merata.

3. Tipe geser (*shear*)

Tipe retakan ini menandakan bahwa pembebanan yang diberikan terhadap benda uji tidak merata. Apabila hasil pengujian kuat tekan pada benda uji banyak yang mengalami ini maka perlu dilakukan kalibrasi atau pemeriksaan ulang terhadap mesin penguji tekan.

4. Tipe kerucut dan geser (cone and shear)

Tipe retakan disebabkan oleh tekanan yang tidak merata pada beton silinder yang menyebabkan tekanan yang berlebihan pada titik-titik tertentu yang dapat memicu retakan kerucut geser.

5. Tipe pola retak columnar

Tipe retak ini bisa terjadi akibat pembebanan yang tidak terdistribusi secara merata, bisa jadi karena terdapat kotoran pada mesin uji atau permukaan benda uji yang tidak merata.

2.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 12 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil dan Kesimpulan
Mulyati, Fikri Aulia 2017	Pengaruh Metode Pengadukan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton	Metode pengadukan beton mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan. Pengadukan beton menggunakan metode manual dengan molen dapat menaikkan kuat tekan beton sampai 64,72% daripada menggunakan metode pengadukan dengan metode manual.
Rahelina Ginting, Winarko Malau 2020	Analisa Perbandingan Mutu Beton dengan Menggunakan Berbagai Cara Pengadukan (Ready Mix, Molen, dan,	Disimpulkan bahwa beton dengan cara pengadukan Ready-Mix mempunyai kuat tekan beton yang lebih baik

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil dan Kesimpulan
	Manual).	dibandingkan cara pengadukan lainnya.
Irzal Agus	Analisa Kuat Tekan Beton Terhadap Lamanya Waktu Pengadukan Masinal.	Kuata tekan beton yang dihasilkan dari lama lama waktu pencampuran antara 1 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit pada umur 3 hari sebesar 95,3 kg/cm ² , 128,5 kg/cm ² , 122,7 kg/cm ² , 111,1 kg/cm ² , umur 7 hari sebesar 108,3 kg/cm ² , 142,9 kg/cm ² , 126,9 kg/cm ² , 115,5 kg/cm ² , dan umur 28 hari sebesar 125,6 kg/cm ² , 196,3 kg/cm ² , 158,5 kg/cm ² , 147,2 kg/cm ² .

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Metodologi penelitian adalah suatu langkah umum yang harus dilakukan didalam melakukan suatu penelitian, masalah atau fenomena yang lain secara ilmiah untuk mendapatkan suatu hasil yang rasional. Metode yang akan dilakukan untuk penelitian ini adalah metode eksperimental yang akan dilaksanakan di Laboratorium Beton dan Konstruksi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan. Metode eksperimental merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan pengaruh varian suatu sampel terhadap variabel yang lain agar mendapatkan hasil yang rasional.

3.2 Persiapan Bahan Material

Bahan – bahan yang digunakan untuk penelitian ini terlebih dahulu dipersiapkan agar dalam pelaksanaannya dapat sesuai dengan perencanaan, bahan – bahan material yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Semen portland tipe I merk Andalas.
2. Agergat halus (pasir)
3. Agregat kasar (kerikil)
4. Air yang digunakan diambil dari laboratorium bahan konstruksi fakultas teknik sipil Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.3 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan peralatan yang ada di laboratorium bahan fakultas teknik sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan, digunakan untuk untuk menyaring afregat halus dan kasar.
2. Minyak pelumas, digunakan sebagai pelumas pada cetakan silinder.
3. Timbangan, digunakan untuk menimbang berat benda, sampel, dan material.
4. Sikat kawat, digunakan untuk membersihkan saringan.

5. Tongkat pemadat, digunakan untuk memadatkan bahan material dan mortar.
6. Mould, digunakan sebagai wadah untuk bahan material.
7. Mesin penggetar, digunakan untuk mengetarkan agregat pada analisa saringan.
8. Sekop, digunakan untuk mengaduk beton dan memindahkan material.
9. Molen, digunakan untuk mengaduk beton.
10. Mesin Los Angels, digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar.
11. Sendok semen, digunakan untuk memindahkan bahan material dan mortar.
12. Kerucut Abrams, digunakan untuk pengukuran slump.
13. Talam, digunakan sebagai tempat penuangan adukan beton.
14. Vicat, digunakan untuk pengujian daya ikat semen.
15. Ember, digunakan sebagai wadah bahan material.
16. Oven, digunakan untuk mengeringkan agregat halus dan kasar.
17. Meteran, digunakan sebagai media pengukuran.
18. Gelas ukur, digunakan untuk pengujian kadar lumpur agregat halus.
19. Piknometer, digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

3.4 Variabel dan Parameter

Variabel merupakan atribut dari sekelompok objek yang mempunyai variasi antara satu objek dengan objek lainnya yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari kemudian ditarik kesimpulannya. (Sugiyono, 2016: 68). Variabel dalam penelitian ini adalah korelasi metode pengadukan terhadap nilai slump dan kuat tekan beton dengan proporsi campuran yang sama.

Tabel 3. 1 Jumlah Sampel

Pengadukan	Waktu (menit)	Umur (hari)	Jumlah
Masinal	3 menit	28 hari	8
	6 menit	28 hari	8
Manual	15 menit	28 hari	8
	30 menit	28 hari	8

(Sumber: Hasil Penelitian 2023)

3.5 Tahap - tahap Penelitian

3.5.1 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pemeriksaan bahan campuran beton mencakup pemeriksaan terhadap bahan material semen, agregat halus, agregat kasar. Semen yang dipakai dipastikan dalam kondisi yang baik yaitu belum menggumpal atau mengeras dan kadar lumpur agregat halus yang digunakan tidak melampaui 5%.

3.5.2 Perencanaan Campuran Beton

Tujuan perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi campuran bahan baku beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan perencanaan. Perencanaan campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan perbandingan 1: 2: 3 dengan faktor air semen 0.5.

3.5.3 Pengujian Material

1. Kehalusan semen portland
 - a. Peralatan :
 - 1) Saringan no. 100, no. 200 dan pan.
 - 2) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 3) Kuas pembersih.
 - b. Bahan :
 - 1) Semen Portland sebanyak 50 gram.
 - c. Prosedur pengujian :
 - 1) Persiapkan alat dan bahan.
 - 2) Benda uji dimasukkan ke dalam saringan no. 100 yang berada di atas saringan no. 200 dan dipasang pan di bawahnya.
 - 3) Saringan digetarkan dengan mesin penggetar selama 5 menit.
 - 4) Setelah itu, timbang masing-masing benda uji yang tertahan disetiap saringan dan catat beratnya.
 - 5) Hitunglah berapa nilai kehalusan semen.
2. Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland

- a. Peralatan :
 - 1) Botol Le-Chatelier.
 - 2) Saringan no. 200.
 - 3) Timbangan digital.
 - 4) Ember.
- b. Bahan :
 - 1) Semen Portland sebanyak 64 gram.
 - 2) Air.
 - 3) Minyak tanah.
- c. Prosedur pengujian :
 - 1) Persiapkan alat dan bahan.
 - 2) Saring semen dengan menggunakan saringan no. 200 sebanyak 64 gram untuk satu sampel.
 - 3) Ambil tabung Le Chatelier yang diisi dengan minyak tanah, lalu rendam tabung dengan air bersih ke dalam ember selama 20 menit. Setelah 20 menit, angkat tabung kemudian baca skala pada tabung (V1). Skala pada tabung 0-1
 - 4) Masukkan semen yang telah disaring ke dalam tabung Le Chatelier secara perlahan agar tidak ada semen yang menempel pada dinding tabung. Bisa menggunakan corong kaca sebagai alat bantu.
 - 5) Kemudian tabung digoyangkan secara perlahan sampai gelembungnya hilang dan tidak ada lagi semen yang menempel pada dinding tabung.
 - 6) Setelah itu, masukkan tabung Le Chatelier ke dalam ember, lalu rendam selama 20 menit.
 - 7) Setelah 20 menit, angkat tabung dan baca skala pada tabung (V2).
 - 8) Hitunglah data yang didapat.
3. Pemeriksaan Konsistensi Normal Pada Semen Portland
 - a. Peralatan :
 - 1) Alat vicat.
 - 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
 - 3) Mixer.
 - 4) Gelas ukur.

- 5) Sendok perata.
- 6) Cincin ebonit.
- 7) Sarung tangan.
- 8) Wadah.

b. Bahan :

- 1) Semen Portland 500 gram.
- 2) Air bersih.

c. Prosedur pengujian :

- 1) Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Tuang air sebanyak 26% dari berat semen.
- 3) Lalu memasukan 500 gram semen kedalam air dan biarkan selama 30 detik agar terjadi peresapan.
- 4) Setelah itu aduk dengan menggunakan mixer secara perlahan selama 1 menit.
- 5) Setelah bahan tercampur semua, bersihkan semua pasta yang menempel pada dinding wadah mixer.
- 6) Bentuk pasta menjadi bola dengan menggunakan tangan (gunakan sarung tangan). Lemparkan dari satu tangan ketangan yang lain dengan jarak kira-kira 15 cm sebanyak 16 kali.
- 7) Kemudian tekan pasta tersebut kedalam cincin konus dengan satu tangan, apabila pasta tersebut kelebihan maka ratakan pasta dengan cara meletakkan lubang cincin yang besar pada pelat kaca, lalu ratakan pinggiran yang berlebih pada lubang cincin yang kecil.
- 8) Setelah itu, letakkan cincin berisi pasta tepat berada di bawah jarum vicat.
- 9) Kemudian lepaskan batang dan jarum kedalam pasta.
- 10) Konsistensi normal tercapai apabila batang dan jarum menembus batas (10 ± 1 mm) di bawah permukaan dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan. Catat berapa penurunan yang terjadi.
- 11) Setelah itu lakukan percobaan di atas dengan kadar air 27-30 % dari berat semen untuk percobaan berikutnya

4. Pemeriksaan Pengikatan Awal Semen Portland

a. Peralatan :

- 1) Alat vicat.
- 2) Cincin ebonit.
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- 4) Gelas ukur 200 ml.
- 5) Sendok perata.
- 6) Wadah.
- 7) Alat pengaduk.
- 8) Plat kaca.
- 9) Stopwatch.

b. Bahan :

- 1) Semen Portland 300 gram.
- 2) Air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml.

c. Prosedur :

- 1) Siapkan benda uji semen portland masing – masing beratnya 300 gram serta air suling sebanyak 84 ml, 78 ml, 75 ml, dan 69 ml
- 2) Tuangkan 84 ml air suling kedalam mangkok pengaduk, kemudian masukkan secara perlahan benda uji sebanyak 300 gram.
- 3) Aduklah bahan tersebut selama 1 menit hingga tercampur.
- 4) Bentuk pasta menjadi bentuk bola dengan menggunakan tangan, lalu lempar sebanyak 6 kali dari tangan kanan ke tangan kiri dengan jarak lempar 15 cm.
- 5) Latakkan dasar cincin pada pelat kaca, ratakan permukaan atas pasta dengan menggunakan sendok perata.
- 6) Kemudian letak benda uji pada alat vicat, lalu turunkan jarum vicat tepat di tengah permukaan pasta dan kencangkan batang vicat.
- 7) Letakkan alat pembaca catat angka permulaan, dan segera lepaskan batang vicat sehingga dengan bebas dapat menembus permukaan.
- 8) Ulangi pekerjaan tersebut untuk setiap benda uji.

5. Analisa saringan agregat halus

a. Peralatan :

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

- 2) Saringan no.9,5 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0,6 mm ; 0,3 mm ; 0,15 mm ; 0,075 mm ; pan.
- 3) Alat penggetar.
- 4) Talam.
- 5) Kuas pembersih.

b. Bahan :

- 1) Agregat halus 1000 gram.

c. Prosedur :

- 1) Persiapkan alat dan bahan.
- 2) Susun saringan no. 9,5 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0,6 mm ; 0,3 mm ; 0,15 mm ; 0,075 mm ; pan.
- 3) Timbang saringan sebelum diisi agregat halus.
- 4) Masukkan sampel ke dalam saringan yang telah disusun.
- 5) Timbang kembali talam yang sudah diisi agregat halus sebanyak 1000 gram untuk dua sampel pengujian.
- 6) Setelah itu letakkan susunan saringan yang telah diisi sampel di atas mesin penggetar, kemudian nyalakan selama 15 menit.
- 7) Diamkan saringan selama \pm 5 menit setelah proses penggetaran, untuk memberikan kesempatan debu yang sangat halus mengendap.
- 8) Lalu timbang berat sampel dari tiap nomor saringan.

6. Pemeriksaan kadar air agregat

a. Peralatan :

- 1) Timbangan.
- 2) Talam.
- 3) Oven.

b. Bahan :

- 1) Agregat halus sebanyak 1000 gram.
- 2) Agregat kasar sebanyak 6000 gram.

c. Prosedur :

- 1) Persiapkan alat dan bahan.

- 2) Timbang talam sebelum diisi dengan agregat halus dan agregat kasar, catat beratnya.
 - 3) Kemudian timbang agregat halus sebanyak 1000 gram untuk dua sampel pengujian dan agregat kasar 6000 gram untuk dua sampel pengujian.
 - 4) Timbang kembali talam yang sudah diisi agregat halus dan agregat kasar, catat beratnya.
 - 5) Keringkan sampel di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam.
 - 6) Keluarkan benda uji dari dalam oven dan diamkan sampel di ruangan terbuka sampai dingin.
 - 7) Hitunglah data yang diperoleh.
7. Pemeriksaan berat isi agregat
- a. Peralatan :
 - 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 2) Wadah silinder.
 - 3) Sekop.
 - 4) Mistar perata.
 - 5) Tongkat pemadat.
 - b. Bahan :
 - 1) Agregat halus
 - 2) Agregat kasar.
 - c. Prosedur :
 - d. Pengujian dengan metode lepas :
 - 1) Timbang dan catat berat wadah (W1).
 - 2) Masukkan agregat halus dan agregat kasar dengan hati-hati agar tidak berjatuhan dan tidak terpisah dengan butir-butir yang lainnya, dengan ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sekop sampai penuh.
 - 3) Ratakan permukaan agregat halus dan agregat kasar menggunakan mistar perata.
 - 4) Timbang dan catatlah berat wadah beserta halus dan agregat kasar (W2).
 - 5) Hitunglah berat agregat halus dan agregat kasar ($W3 = W2 - W1$).
 - e. Pengujian dengan metode perojokan :
 - 1) Timbang dan catat berat wadah (W1)

- 2) Masukkan agregat halus dan agregat kasar dalam tiga lapisan yaitu 1/3 bagian wadah.
 - 3) Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat yang dirojek sebanyak 25 kali.
 - 4) Pada saat lapisan ketiga, isi agregat halus dan agregat kasar melebihi ukuran wadah, rojek sebanyak 25 kali kemudian ratakan dengan mistar perata.
 - 5) Timbang dan catatlah berat wadah beserta sampel.
 - 6) Hitunglah berat isi agregat halus dan agregat kasar ($W_3 = W_2 - W_1$).
8. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- a. Peralatan :
 - 1) Piknometer kapasitas 500 ml.
 - 2) Timbangan.
 - 3) Oven.
 - 4) Kerucut (cone)
 - 5) Batang penumbuk.
 - 6) Wadah.
 - 7) Saringan no. 4 dan pan.
 - b. Bahan :
 - 1) Agregat halus kondisi SSD sebanyak 500 gram.
 - 2) Air.
 - c. Prosedur :
 - 1) Persiapkan alat dan bahan yang akan dipergunakan..
 - 2) Lalu periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung (cone), masukkan benda uji kedalam kerucut terpancung sampai 3 bagian.
 - 3) padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali angkat kerucut terpancung (cone). Keadaan kering permukaan jenuh akan apabila benda penguji runtuh namun masih dalam keadaan tercetak, dan apabila masih runtuh ulangi.
 - 4) Ambil agregat halus 500 gram lolos saringan No.4.
 - 5) Timbang berat piknometer.
 - 6) Setelah itu tambahkan air hingga mencapai 90% isi piknometer tersebut lalu timbang beratnya, kemudian buang airnya.

- 7) Masukkan 500 gram agregat halus dalam kondisi SSD kedalam piknometer kemudian tambahkan air hingga 90%, lalu goyangkan piknometer sampai gelembung udara menghilang.
- 8) Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram.
- 9) Diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan tertentu.
- 10) Keluarkan benda uji dengan cara menambahkan air lalu saring untuk memisahkan air dengan agregat menggunakan saringan, masukan kedalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- 11) Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari oven, kemudian timbang benda uji tersebut. Dan catatlah pada form yang telah dipersiapkan.
- 12) Jika sudah selesai rapihkan dan susun kembali alat yang telah di pakai.

9. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Peralatan :

- 1) Gelas ukur kapasitas 100 ml 2 buah.

b. Bahan :

- 1) Agregat halus.
- 2) Air.

c. Prosedur :

- 1) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Masukkan pasir ke dalam gelas ukur sebanyak 15 ml dan 25 ml.
- 3) Masukkan air kedalam gelas ukur sebanyak 115 ml dan 125 ml.
- 4) Tutup permukaan gelas dan kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
- 5) Setelah dikocok, simpan gelas ukur dan biarkan selama 24 jam.
- 6) Setelah 24 jam ukur tinggi pasir dan lumpur yang ada di gelas ukur tersebut.

10. Analisa saringan agregat kasar

a. Peralatan :

- 1) Saringan no. 31,5 mm ; 25,44 mm ; 19,0 mm ; 12,5 mm ; 9,5 mm, 4,75 mm ; dan pan.
- 2) Talam.
- 3) Mesin penggetar.

b. Bahan :

1) Agregat kasar 2000 gram.

c. Prosedur :

- 1) Susun saringan no. 31.5mm , 25.4mm , 19.0mm , 12.5mm , 9.5mm , 4.75mm dan PAN.
- 2) Timbang saringan sebelum diisi agregat kasar, catat beratnya.
- 3) Masukkan sampel kedalam saringan yang telah disusun dan di persiapkan, kemudian tutup dengan rapat supaya agregat tidak tumpah keluar. Setelah itu letakkan susunan saringan yang telah diisi sampel diatas mesin penggetar, kemudian nyalakan mesin selama 15 menit.
- 4) Diamkan saringan selama ± 5 menit setelah proses penggetaran selesai agar debu halus mengendap.
- 5) Lalu timbang berat agregat dari tiap nomor saringan.

11. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Peralatan :

- 1) Ember.
- 2) Oven.

b. Bahan :

- 1) Agregat kasar.
- 2) Air.

c. Prosedur :

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan - bahan lain yang melekat pada permukaan.
- 2) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 - 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- 4) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- 5) Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu.

- 6) Timbang benda uji kering - permukaan jenuh (Bj).
- 7) Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

12. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles

a. Peralatan :

- 1) Mesin Los Angeles
- 2) Saringan no. 31,5 mm ; 25,4 mm ; 12,5 mm ; 9,5 mm.
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- 4) Oven.
- 5) Wadah.
- 6) Stopwatch.

b. Bahan :

- 1) Agregat kasar sebanyak 5000 gram.

c. Prosedur :

- 1) Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Timbang agregat kasar sebanyak 5000 gram, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
- 3) Lalu cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah di oven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruang.
- 4) Setelah dingin masukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dan 8 buah bola baja.
- 5) Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30-33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
- 6) Setelah selesai, keluarkan agregat dari mesin Los Angeles dan saring menggunakan saringan 2,36 mm.
- 7) Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan di saringan 2,36 mm.
- 8) Lakukan pengolahan data.

3.5.4 Pembuatan Campuran Beton

Pembuatan campuran beton dilakukan dengan metode pengadukan masinal dan pengadukan manual, dengan rentang waktu masing-masing pengadukan yaitu 3 menit dan 6 menit untuk pengadukan masinal, 15 menit dan 30 menit untuk pengadukan manual.

3.5.5 Pengadukan Manual

Prosedur Pengadukan:

1. Pasir dan semen yang sudah ditakar dicampur kering di dalam bak pengaduk , pencampuran dilakukan sampai didapatkan warna yang homogen.
2. Lalu kerikil dituangkan dalam bak pengaduk kemudian diaduk sampai merata. kemudian dibuat lubang di tengah adukan.
3. Setelah adukan merata, tuangkan air sesuai kebutuhan, aduk sampai campuran merata dan sesuai dengan persyaratan. Tuangkan air di tengah lubang kira-kira 75% dari yang dibutuhkan. Pengadukan dilanjutkan hingga merata dan tambahkan air sedikit demi sedikit sambil mengaduk.

3.5.6 Pengadukan Masinal

Prosedur pengadukan:

1. Persiapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan.
2. Letakan mesin pengaduk pada kedudukan yang stabil dan strategis.
3. Jalankan mesin sesuai dengan tenaga penggerakannya.
4. Dengan menggunakan ember masukkan $\pm 50\%$ air pencampur beton ke dalam tromol
5. Masukkan pula seluruh pasir kedalam teromol
6. Tambahkan seluruh semen kedalam teromol
7. Tambahkan pula sedikit air tujuannya untuk mempermudah tercampurnya bahan
8. Masukkan seluruh kerikil ke dalam teromol
9. Masukkan sisa air kedalam teromol
10. Biarkan seluruh bahan tercampur selama waktu sesuai peraturan berdasarkan jenis mesin.
11. Kosongkan teromol dengan menuangkan seluruh adukan pada bak penampung.
12. Bersihkan teromol dari sisa-sisa aduk yang masih melekat pada dinding teromol.

3.5.7 Pengukuran Slump

Pengukuran slump dilakukan pada masing-masing pengadukan dengan waktu yang bervariasi, pengukuran slump bertujuan untuk mengetahui *workabilitas* atau kekakuan campuran beton segar.

Prosedur pengukuran:

1. Membasahi cetakan abrams dan platnya menggunakan kain basah.
2. Letakkan cetakan di atas plat.
3. Mengisi kerucut abrams dengan 1/3 beton segar lalu dipadatkan dengan memakai batang logam secara merata dengan melakukan penusukan sebanyak 25 kali.
4. Mengisi kembali cetakan kerucut dengan 1/3 bagian beton segar (2/3 beton segar dalam cetakan secara menyeluruh), lalu melakukan penusukan sebanyak 25 kali
5. Mengisi kembali 1/3 beton segar ke dalam cetakan seperti langkah sebelumnya.
6. Setelah melakukan pemadatan, selanjutnya ratakan permukaan benda uji.
7. Angkat cetakan secara perlahan tegak lurus ke atas.
8. Ukurlah nilai slump dengan cara membalikan kerucut abrams di sampingnya memakai beda tinggi rata-rata dari benda uji.

3.5.8 Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel dilakukan dengan menggunakan wadah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 32 buah wadah silinder.

3.5.9 Perawatan Sampel

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras, perawatan sampel dengan metode perendaman di dalam air selama 27 hari dan akan diangkat sehari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Tujuan perawatan dilakukan agar beton tidak terlalu cepat kehilangan air, dan menjaga kelembapan beton agar mutu beton sesuai dengan yang direncanakan.

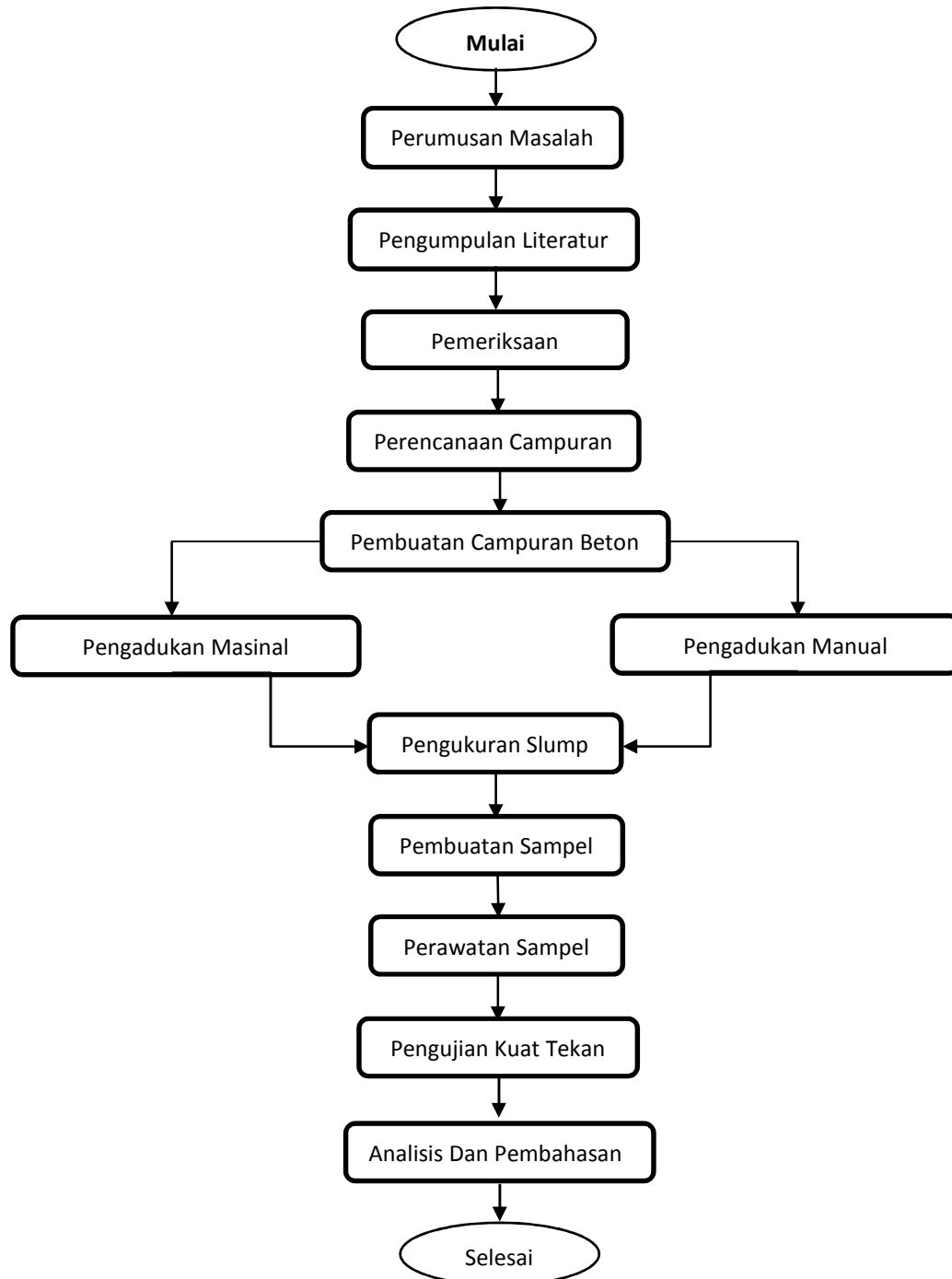
3.5.10 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin *Control Milano-Italy* dan dicatat beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiap-tiap sampel.

Prosedur pengujian:

1. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian