

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

2.1.1 Andita Citra Puspita

Melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Penambahan Abu Kayu Mahoni Terhadap Karakteristik Paving Block”. Penelitian ini menggunakan abu kayu mahoni lolos saringan No. 200 sebagai bahan tambah dari berat semen, dengan persentase penambahan 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%.

Hasil pengujian kuat tekan mencapai nilai optimum pada variasi 4% dan 8% dengan nilai kuat tekan sebesar 12,785 MPa. Dengan perencanaan campuran paving block menggunakan perbandingan semen : pasir sebesar 1:6 dengan nilai faktor air semen sebesar 0,35.

2.1.2 Tria Mahyuni Palian

Penelitian ini membahas penggunaan limbah serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Limbah serbuk kayu mahoni biasanya berasal dari industri pembuatan meubel seperti pintu, jendela, kusen, dan lemari. Limbah ini seringkali menjadi masalah lingkungan. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan pengaruh variasi serbuk kayu mahoni terhadap kuat tekan, tarik belah, dan kuat lentur beton dengan target mutu 20 MPa. Menggunakan metode eksperimental sesuai SNI. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu mahoni sebanyak 4%, 8%, dan 12% mengakibatkan penurunan kuat tekan beton secara berturut-turut menjadi 19,750 MPa, 19,074 MPa, dan 18,111 MPa. Kuat tarik belah juga mengalami penurunan seiring dengan penambahan serbuk kayu mahoni. Begitu pula dengan kuat lentur. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk kayu mahoni dalam campuran beton dapat mengurangi kekuatan beton, dengan penurunan yang semakin signifikan seiring peningkatan presentase serbuk kayu mahoni yang ditambahkan.

2.1.3 Alip Nur Muhamad

Dalam penelitian ini melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu *Paving Block* (*The Partial Substitution Effect Of*

Cement Using Combusted Mahoni Wood Powder Ash On The Paving Block Quality)”. Penggunaan abu serbuk kayu mahoni dari hasil pembakaran substitusi pada semen untuk pembuatan *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen dengan mengacu pada SNI-03-0691-1996, benda uji menggunakan mesin *press*.

Dari penelitian yang telah dilakukan, pada *paving block* dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% secara berurutan didapatkan nilai kuat tekan rata-rata *paving block* rata-rata sebesar 10,797 MPa, 17,699 MPa, 21,744 MPa, 22,454 MPa, 17,948 MPa dan 17,963 MPa, kemudian didapatkan nilai keausan rata-rata *paving block* sebesar 0,210 mm/menit, 0,165 mm/menit, 0,143 mm/menit, 0,106 mm/menit, 0,109 mm/menit dan 0,136 mm/menit, lalu didapatkan nilai penyerapan air rata-rata *paving block* sebesar 11,798%, 9,734%, 8,226%, 7,319%, 9,462% dan 9,272%. Dengan kesimpulan pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15% meningkat untuk kuat tekan yang didapatkan. Dengan nilai optimum yang didapatkan pada variasi 15% dengan nilai kuat tekan 22, 454 MPa.

Tabel 2. 1 Persamaan dan perbedaan penelitian sebelumnya

No.	Nama	Judul	Persamaan	Perbedaan
1	Andita Citra Puspita	Pengaruh Penambahan Abu Kayu Mahoni Terhadap Karakteristik Paving Block	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan bahan tambah abu kayu mahoni - Tinjauan menganalisa dari kuat tekan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan abu kayu mahoni sebagai bahan tambah pada semen - Tinjauan Analisa pada kuat tekan beton - Variasi penambahan 0%, 5%, 10%, dan 15%
2	Tria Mahyuni Palian	Penggunaan limbah serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah dalam	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan limbah serbuk kayu mahoni sebagai bahan tambah campuran beton - Tinjauan 	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan abu kayu mahoni sebagai bahan tambah pada semen - Tinjauan Analisa pada

No.	Nama	Judul	Persamaan	Perbedaan
		campuran beton	<ul style="list-style-type: none"> - Analisa pada kuat tekan beton, tarik belah, kuat lentur - Mutu beton rencana 20 MPa 	<ul style="list-style-type: none"> - kuat tekan beton - Persentase variasi 0%, 5%, 10%, 15%.
3	Alip Nur Muhamad	Pengaruh Substitusi Sebagian Semen Menggunakan Abu Serbuk Kayu Mahoni Hasil Pembakaran Terhadap Mutu	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan abu serbuk kayu mahoni sebagai substitusi semen terhadap mutu <i>paving block</i> - Tinjauan Analisa pada kuat tekan <i>paving block</i>, nilai keausan, dan penyerapan air terhadap <i>paving block</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan abu kayu mahoni sebagai bahan tambah pada semen - Tinjauan Analisa kuat tekan pada beton

2.2 Beton

Menurut SNI 2847 - 2013 beton adalah campuran yang terdiri dari semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Sifat dan karakteristik bahan penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat baik itu beton untuk rumah tinggal, perumahan, dan struktur yang menggunakan beton mutu tinggi.

Beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, maupun pelat lantai pada konstruksi gedung. Beton juga digunakan pada konstruksi bangunan air, seperti bendung, bendungan, saluran air, dan drainase perkotaan. Selain itu pada konstruksi jalan, beton digunakan pada pekerjaan jalan tol. Beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton

2.3.1 Kelebihan Beton

Menurut Paul Nugraha & Antoni (2007), kelebihan beton sebagai berikut :

- a. Secara umum ketahanan (*durability*) beton yang cukup tinggi, lebih tahan karat, tahan terhadap bahaya kebakaran.
- b. Kemudahan untuk digunakan (*versibility*).
- c. Kemampuan beradaptasi (*adabtalilty*).
- d. Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
- e. Beton dapat dicetak dan dibentuk dengan ukuran berapapun.
- f. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

2.3.2 Kelemahan Beton

Menurut Paul Nugraha & Antoni, 2007, kekurangan beton sebagai berikut :

- a. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m^3 .
- b. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.
- d. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan.

2.4 Sifat Beton Segar

Menurut (Tjokrodimuljo 2007) Pengerjaan beton segar terdiri dari tiga sifat penting yang harus diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workabillity*), pemisahan kerikil (segregasi), dan pemisahan air (*bleeding*).

2.4.1 Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Tingkat kemudahan (*workabillity*) merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton.

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari konsistensi adukan beton yang identik tingkat keplastisan adukan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Adapun konsistensi adukan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut, diantaranya :

1. Jumlah air pencampur
Semakin banyak air, adukan beton akan lebih mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen
Jika perbandingan air dan semen tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air, sehingga keplastisannya juga akan lebih tinggi.
3. Gradasi Agregat

Agregat yang memenuhi syarat gradasi akan memberi kemudahan pengerjaan beton.

4. Bentuk butiran agregat

Beton yang menggunakan agregat bentuk bulat akan lebih mudah dikerjakan.

5. Butiran maksimum agregat

Pada penggunaan jumlah air yang sama, butiran maksimum agregat yang lebih besar akan menghasilkan kemudahan yang lebih tinggi.

6. Cara Pemadatan dan alat pemadatan

Cara menggunakan alat pemadat dengan benar akan berpengaruh terhadap kondisi terakhir beton basah. Setelah selesai pemadatan, akan memungkinkan tercapainya target mutu beton keras.

2.4.2 Pemisahan Kerikil (Segregasi)

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton karena penuangan dan pemadatan yang tidak baik. Bentuk segregasi beton merupakan proses penurunan partikel yang lebih kasar ke bagian bawah beton untuk memisahkan diri dari partikel yang lebih halus dan terpisahnya air semen dari adukan. Hal ini akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Faktor penyebab segresi dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurang semen, kekurangan atau kelebihan air pada campuran, kurangnya jumlah agregat halus, ukuran agregat maksimum < 20 mm, dan kekasaran permukaan butir agregat. Kecenderungan terjadinya segresi dapat dicegah jika tinggi jatuh dibatasi, penggunaan air sesuai dengan yang telah ditetapkan, ukuran agregat sesuai dengan yang telah ditetapkan, dan pemadatan yang baik sesuai aturan.

2.4.3 Pemisahan Air (*Bleeding*)

Bleeding adalah peristiwa pemisahan naiknya air ke permukaan beton setelah dilakukan pemadatan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir yang pada saat beton mengeras akan membentuk selaput (*laitance*) yang tidak berguna. Peristiwa ini terjadi pada campuran yang terlalu banyak air, susunan butir agregat, kecepatan hidrasi, dan pada saat proses pemadatan. Terjadinya bleeding dimungkinkan oleh faktor gradasi agregat yang kurang baik, terlalu banyak air, proses hidrasi yang lambat, dan pemadatan yang berlebihan. Untuk mengurangi terjadinya bleeding dapat dilakukan dengan cara menggunakan

semen lebih banyak, menggunakan sedikit mungkin air, menggunakan butir halus lebih banyak, dan memasukkan sedikit udara ke dalam beton.

2.5 Sifat Beton

Menurut Tjokrodimuljo, (2007) beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen Portland, agregat halus, dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan. Beberapa sifat beton yang sering dipakai antara lain :

2.5.1 Kekuatan Beton

Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat beton dibagi menjadi beberapa jenis seperti pada Tabel 2. 2 (Tjokrodimuljo, 2007)

Tabel 2. 2 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana (plain <i>concrete</i>)	Sampai 10 Mpa
Beton normal (beton biasa)	15-30 Mpa
Beton pra tegang	30-40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	≥ 80 Mpa

(Sumber : Tjokrodimuljo,2007)

2.5.2 Berat jenis

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil normal berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel 2. 3 (Tjokrodimuljo, 2007).

Tabel 2. 3 Beberapa jenis beton menurut berat jenisnya

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00-2,00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2,30-2,50	struktur

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton berat	$\geq 3,00$	Perisai sinar X

(Sumber : Tjokrodimuljo,2007)

2.5.3 Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dibandingkan volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras, beton mengalami sedikit penyusutan akibat penguapan air. Bagian yang susut adalah pastinya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu, semakin besar pastinya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.

2.5.4 Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya: plat lantai, dinding basement, tandon air, kolam renang dan sebagainya.

2.6 Material Penyusun Beton

2.6.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran kimiawi yang menjadi aktif setelah bereaksi dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Komposisi semen sekitar 10% dari volume beton. (Tjokrodimuljo, 2019) Semen sendiri memiliki 4 unsur pokok, yaitu :

Semen mempunyai sifat fisika dan sifat kimia yaitu :

a. Sifat Fisika Semen

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

b. Sifat Kimia Semen

Sifat-sifat kimiawi dari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (*insoluble residu*), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan alumunium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Bahan baku pembentuk semen adalah sebagai berikut :

1. Kapur (CaO) dari batu kapur.
2. Silika (SiO₂) dari lempung.
3. Alumunium (AlO₃) dari lempung.

Kandungan kimia semen adalah :

1. Trikalsium Silikat.
2. Dikalsium Silikat.
3. Trikalsium Aluminat.
4. Tetrakalsium Aluminofe.
5. Gypsum.

Semen yang diproduksi di Indonesia dibedakan lima jenis :

1. Jenis 1 (normal): semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II (modifikasi): semen yang mempunyai panas hidrasi sedang atau pelepasan panas yang relative sedikit, untuk penggunaan beton tahan sulfat.
3. Jenis III: semen yang mempunyai panas hidrasi tinggi untuk penggunaan beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
4. Jenis IV: semen yang mempunyai panas hidrasi rendah, biasa digunakan untuk pengecoran dengan volume yang sangat besar.
5. Jenis V: semen yang mempunyai ketahanan terhadap sulfat.

2.6.2 Agregat

Menurut SNI 2847 – 2013 agregat merupakan bahan butiran misalnya kerikil, batu pecah, slag tanur (*blast-furnace slag*), yang digunakan bersama dengan lem khusus sebagai media perkat untuk membuat beton atau semen hidrolis. Agregat digunakan sebagai bahan pengisi beton untuk presentasi diantara 60% - 70% dari volume beton (Mulyono, 2019).

Agregat dapat dibedakan ukurannya menjadi 2 yaitu :

1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8 mm atau 4,75 mm. Agregat halus terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering.

Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan

batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Nilai Sand Equivalent minimum 50 (AASHTO-T-1176)
- b) Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-128-04)
- c) Berat jenis curah (*Bulk*) minimum 2.5 (ASTM C-29M-2003)
- d) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
- e) Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
- f) Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80
- g) Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.
- h) Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- i) Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika di uji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
- j) Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui

2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm atau 4,75 mm. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 yang terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

Sifat kasar agregat mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan dayatahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- a. Batu pecah alami Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap

beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

- b. Kerikil alami Kerikil didapat dari proses alami yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang 26 lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

2.6.3 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan juga berfungsi dengan pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan, tetapi dalam kenyataan jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gram/liter, kandungan garam yang dapat merusak beton maksimal 15gram/liter, tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter, serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gram/liter.

Secara umum, air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodinuljo 2007). Secara praktis, air yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. (Mulyono, 2019).

2.6.4 Kayu Mahoni

Kayu mahoni, yang berasal dari kayu mahoni yang dipotong dengan gergaji, kemudian diproses dibakar menjadi abu. Abu kayu merupakan serat alami (*cellulose fibers*) yang dapat digunakan sebagai zat penambah campuran pada beton. Pada penelitian ini akan menggunakan kayu mahoni. Kayu mahoni sendiri memiliki karakteristik tekstur yang keras dengan pori-pori kecil dan juga memiliki serat kayu yang halus.

Menurut penelitian analisis kimia oleh (Pari & Hartoyo, 1990) pada 9 jenis kayu di Indonesia dan (Ngassam, 2021) kayu mahoni dan abu kayu mahoni, terdapat berbagai komponen kimia yang terkandung dalam kayu tersebut. Salah satu komponen kimia yang ditemukan adalah silika. Kandungan silika pada kayu mahoni mencapai 0,34% dan pada abu kayu mahoni sebesar 12-17%. Kandungan senyawa kimia seperti silika dan lainnya membuat abu kayu mahoni dapat digunakan sebagai bahan tambah yang mempunyai sifat dan senyawa serupa dengan semen portland.

Tabel 2. 4 Komponen Kimia pada Kayu Mahoni

No	Komponen Kimia	Persentase Komponen Kimia (%)
1	Kadar Hemiselulosa	23,48
2	Kadar Selulosa	42,86
3	Kadar Lignin	23,75
4	Kadar Pentosan	14,37
5	Kadar Silika	0,34

(Sumber: Gustan dan Hartoyo, 1990)

Tabel 2. 5 Komponen Kimia pada Abu Kayu Mahoni

Unsur Kimia	Abu Kayu Mahoni
CaO	58,99%
SiO ₂	17,69%
Al ₂ O ₃	0,45%
MgO	3,15%
Na ₂ O	0,30%
Fe ₂ O ₃	0,45%
SO ₃	4,71%

(Sumber: I, Ngassam 2021)

2.6.5 Abu Kayu Mahoni

Abu kayu mahoni" adalah istilah yang merujuk pada residu atau sisa pembakaran dari kayu mahoni. Untuk memahami lebih lanjut, berikut adalah penjelasan tentang abu kayu mahoni secara material sebagai berikut:

1. Komposisi Kimia

Abu kayu mahoni terdiri dari berbagai senyawa anorganik yang tersisa setelah proses pembakaran. Secara umum, abu kayu mengandung mineral seperti kalsium, magnesium, kalium, dan fosfor. Kandungan ini bisa bervariasi tergantung pada jenis kayu dan kondisi pembakaran. Kayu mahoni cenderung memiliki komposisi mineral yang mirip dengan kayu lainnya, meskipun bisa ada perbedaan kecil.

2. Fungsi dan Pennggunaan

Abu kayu sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sebagai pupuk organik, bahan tambahan dalam pembuatan bata, atau bahkan dalam proses pemurnian air. Kandungan mineral dalam abu bisa membantu memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan kesuburan.

3. Sifat Fisik

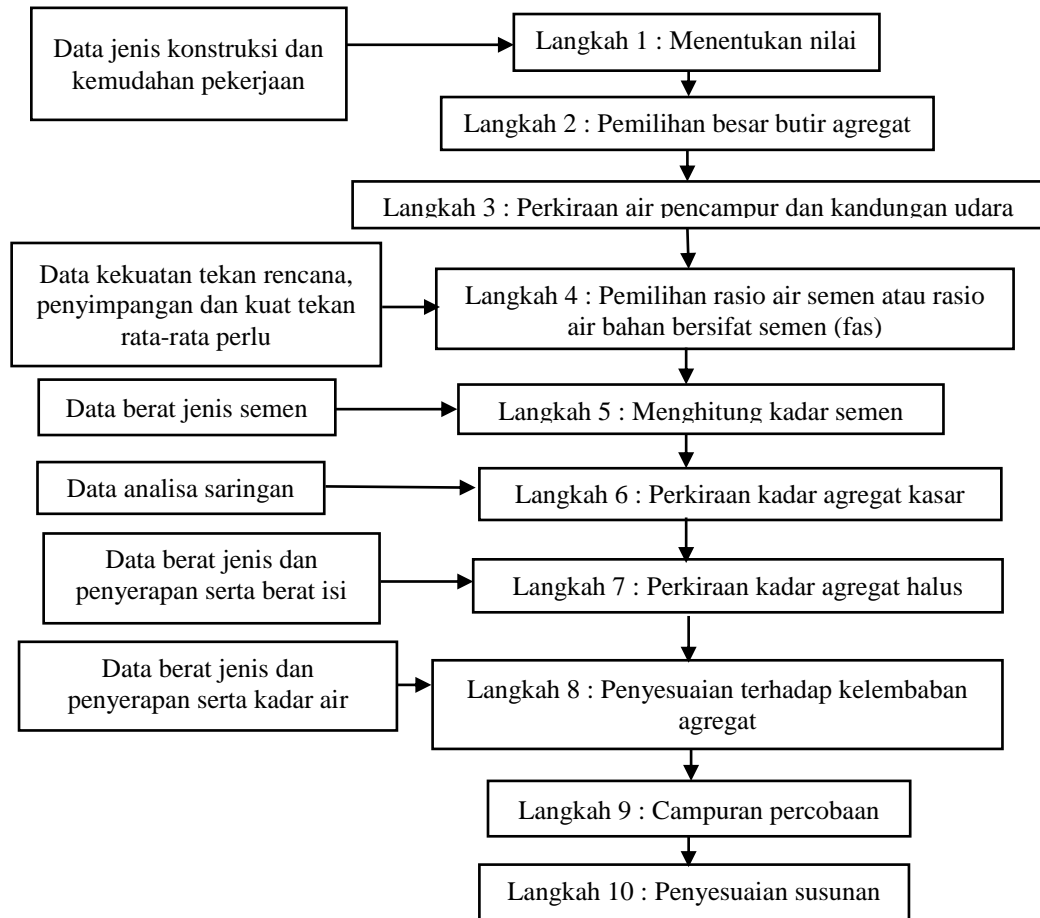
Abu kayu mahoni biasanya berbentuk serbuk halus dan berwarna abu-abu. Kerapatan dan tekstur abu dapat bervariasi tergantung pada ukuran partikel dan proses pembakaran.

4. Efek Lingkungan

Abu kayu mahoni, seperti abu kayu lainnya, relatif ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai bahan organik dalam proses daur ulang. Namun, perlu diingat bahwa proses pembakaran yang tidak sempurna dapat menghasilkan senyawa berbahaya, meskipun ini umumnya dalam jumlah kecil.

2.7 Rancangan Campuran Beton Normal

Karakteristik dari beton yang dipersyaratkan dalam spesifikasi untuk menentukan proporsi campuran tiap meter kubik campuran beton, dilakukan secara berurutan (SNI 7656: 2012), dengan diagram alir seperti Gambar 2. 1



Gambar 2. 1 Diagram Alir Rancangan Campuran Beton Normal
(Sumber : SNI 7656: 2012)

2.7.1 Menetapkan Nilai Kuat Tekan Beton (f'_c) yang Direncanakan

Pada penelitian ini menggunakan kuat tekan beton (f'_c) sebesar 20 MPa. Direncanakan untuk konstruksi kolom yang berada di dalam ruangan dan beton yang dibuat tanpa tambahan udara.

2.7.2 Menetapkan Standar Deviasi

Nilai standar deviasi diambil berdasarkan data penelitian pada masa lalu, jika data tersebut tidak tersedia, maka nilai standar deviasi diambil dari Tabel 2. 6. (Mulyono, 2019) berdasarkan volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan yang diinginkan.

Tabel 2. 6 Kuat Tekan Rata-rata Apabila Tidak Tersedia Data Standar Deviasi

Kuat Tekan yang Disyaratkan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Perlu (MPa)
$f'_c < 21$	$F'_{cr} = f'_c + 7,0$

Kuat Tekan yang Disyaratkan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Perlu (MPa)
$21 \leq f'c \leq 35$	$F'cr = f'c + 8,3$
$f'c > 35$	$F'cr = 1,1 f'c + 5,0$

(Sumber: Tri Mulyono, 2017)

2.7.3 Menghitung Nilai Margin (M)

Nilai margin dihitung berdasarkan nilai deviasi standar (Sd) dengan rumus sebagai berikut :

$$M = 1,64 \times Sd \quad (2.1)$$

Keterangan :

M = nilai tambah (MPa)

Sd = deviasi standar (MPa)

2.7.4 Menhitung Kuat Tekan Rata-rata Pada Umur 28 Hari

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan dihitung dengan rumus :

$$f'cr = f'c + M \quad (2.2)$$

Dengan :

$f'cr$ = kuat tekan rata-rata (MPa)

$f'c$ = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = nilai tambah (MPa)

2.7.5 Menentukan Nilai Slump

Rancangan campuran yang tidak mensyaratkan nilai slump, dapat menggunakan Tabel 2. 7. Rentang nilai slump tersebut berlaku bila beton dipadatkan dengan digetar. Nilai slump didapatkan dari jenis konstruksi yang akan menggunakan beton.

Tabel 2. 7 Nilai *Slump* yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi

Tipe Konstruksi	Slump, mm (inch)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanda tulangan, pondasi tiang	75	25

Tipe Konstruksi	Slump, mm (inch)	
	Maksimum	Minimum
pancang, dinding bawah tanah.		
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	7	25

(Sumber : SNI 7656: 2012)

2.7.6 Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum 20 mm dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton. Butir agregat maksimum didapatkan dari hasil analisis gradasi agregat atau ditetapkan.

2.7.7 Perkiraan Air Pencampur dan Kandungan Udara

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat; temperatur beton; perkiraan kadar udara, dan; penggunaan bahan tambahan kimia.

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target nilai slump yang diinginkan sesuai Tabel 2. 8

Tabel 2. 8 Perkiraan Air Campuran untuk Nilai *Slump* yang Berbeda dan Ukuran Maksimum Nominal Agregat

Slump,mm	Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah							
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25 s.d 50	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
75 s.d 100	181	175	168	160	150	142	122	107

Slump,mm	Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah							
	150 s.d 175	202	193	184	175	165	157	133
>175	216	205	197	184	174	166	154	-
jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut								
Pemaparan ringan	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Pemaparan sedang	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Pemaparan berat	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

(Sumber : SNI 7656: 2012)

2.7.8 Pemilihan Rasio Air-Semen Atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen

Rasio w/c atau w/(c+p) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio w/c atau w/(c+p) yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antara kekuatan dengan w/c atau w/(c+p) dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen *portland* tipe I, diberikan dalam Tabel 2. 9.

Nilai rasio semen-air didapatkan dari data kekuatan beton umur 28 hari, MPa dan rencana beton tanpa atau dengan tambahan udara dalam beton. Pendekatan lainnya dapat menggunakan SNI 2847:2013 yang memperhitungkan kuat tekan perlu dan deviasi standar hasil uji.

Tabel 2. 9 Hubungan Rasio Material Air-Semen dan Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan umur 28 hari [(<i>Compressive strength at 28 days</i>), Mpa (Kg/cm ²)]	Rasio air semen berdasarkan berat (<i>Water-cementitious materials ratio by mass</i>)	
	Beton tanpa tambahan udara (<i>Non-air-entrained concrete</i>)	Beton dengan tambahan udara (<i>Air-entrained concrete</i>)
45 (450)	0,38	0,30
40 (400)	0,42	0,34
35 (350)	0,47	0,39

Kuat tekan umur 28 hari [(Compressive strength at 28 days), Mpa (Kg/cm ²)]	Rasio air semen berdasarkan berat (<i>Water-cementitious materials ratio by mass</i>)	
	Beton tanpa tambahan udara (<i>Non-air-entrained concrete</i>)	Beton dengan tambahan udara (<i>Air-entrained concrete</i>)
30 (300)	0,54	0,45
25 (250)	0,61	0,52
20 (200)	0,69	0,60
15 (150)	0,79	0,70

(Sumber : SNI 7656: 2012)

2.7.9 Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari nilai di langkah 3 perkiraan kebutuhan air pencampur dan dibagi dengan langkah 4 rasio air-semen. Jika persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak. Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras dan penghitungannya masuk dalam kadar semen.

2.7.10 Perkiraan Kadar Agregat Kasar

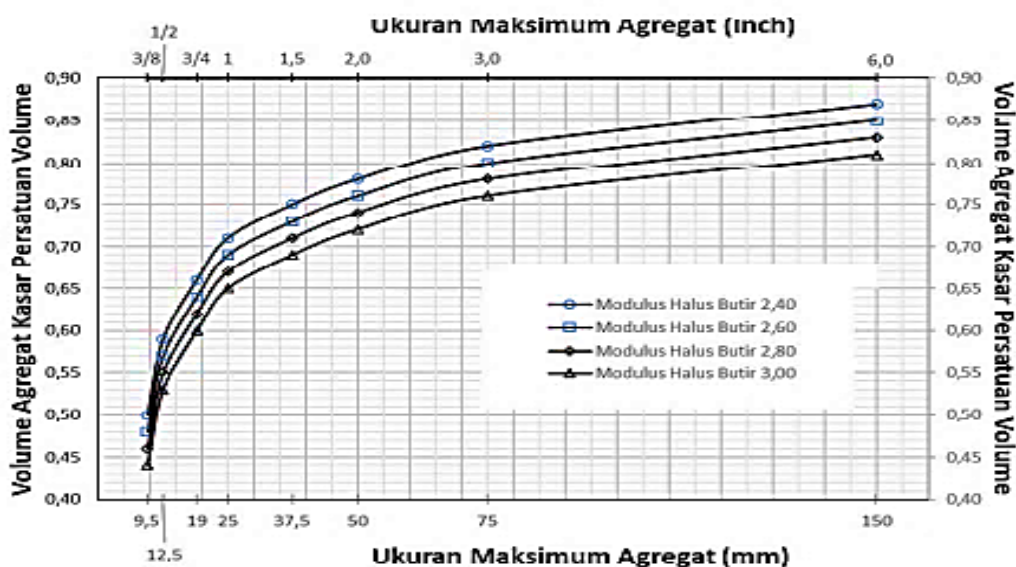
Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat diperkirakan dari Tabel 2. 10 atau Gambar 2. 2, atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis. Nilai perkiraan kadar agregat kasar didapatkan dari data ukuran maksimum agregat dan modulus kehalusan dari agregat halus yang digunakan.

Tabel 2. 10 Berat Isi Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Nominal maximum size of aggregate, mm (in.)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan** dari agregat halus (<i>Bulk volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate**</i>)			
		2,40	2,6	2,8

Nominal maximum size of aggregate, mm (in.)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan** dari agregat halus (<i>Bulk volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate**</i>)			
	2,40	2,6	2,8	3,00
9,5 (3/8)	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2)	0,59	0,57	0,55	0,53
19 (3/4)	0,66	0,64	0,62	0,60
25 (1)	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1½)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2)	0,78	0,76	0,74	0,72
75 (3)	0,82	0,80	0,78	0,76
150 (6)	0,87	0,85	0,83	0,81

(Sumber : SNI 7656: 2012)



Gambar 2. 2 Hubungan Ukuran Nominal Maksimum Agregat dengan Fraksi Halus (Diadaptasi dari Tabel 9-4, ACI 211.1 dan Hover (1995 dan 1998) dan Tabel 5 SNI 7656:2012)

(Sumber : SNI 7656: 2012)

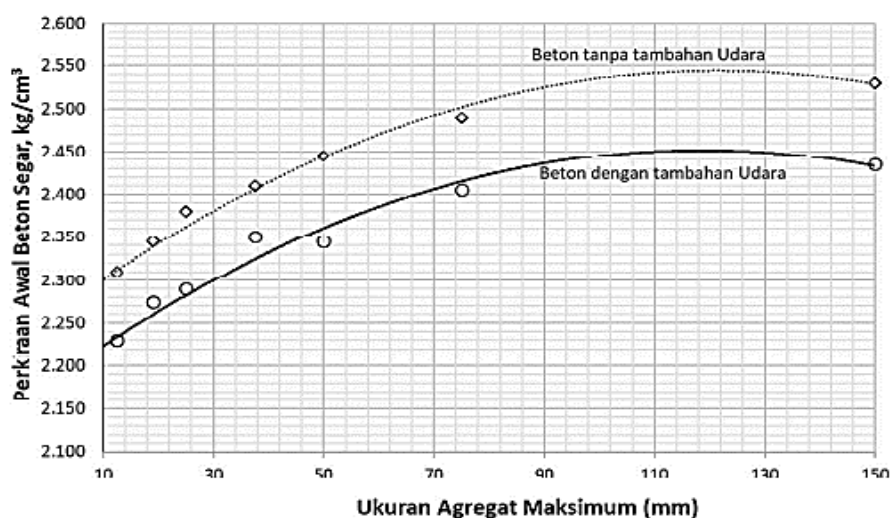
2.7.11 Perkiraan Kadar Agregat Halus

Agregat halus didapatkan dari perkiraan awal berat beton segar dengan data ukuran nominal maksimum agregat (mm) dan penggunaan tanpa tambahan udara atau tidak dalam beton menggunakan Tabel 2. 11 Perkiraan Awal Berat Beton Segar atau Gambar 2. 3 Nilainya didapatkan dengan mengurangi berat semen dan air pada berat isi perkiraan beton segar.

Tabel 2. 11 Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Ukuran nominal maksimum agregat	Perkiraan awal berat beton segar	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

(Sumber : SNI 7656:2012)



Gambar 2. 3 Hubungan butir maksimum agregat dengan perkiraan awal berat beton segar (Diadaptasi dari Tabel 6 SNI 7656:2012)

(Sumber : SNI 7656:2012)

2.7.12 Penyesuaian Terhadap Kelembaban Agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat yang didapatkan dari hasil pengujian kadar air. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap yang didapatkan dari hasil uji berat jenis dan penyerapan agregat.

2.7.13 Proporsi Campuran Percobaan

Campuran percobaan di laboratorium, akan lebih mudah bila berat campuran tersebut diperkecil dalam volume tertentu sesuai kapasitas alat adukan atau sesuai volume benda uji yang akan dibuat. Pertimbangan terhadap kemudahan pekerjaan diperhitungkan.

2.8 Pembuatan dan perawatan di laboratorium

Kegiatan ini melingkupi cara pembuatan benda uji beton di laboratorium sesuai dengan ketentuan yang sudah ditentukan dengan tujuan untuk memperoleh benda uji di laboratorium yang memenuhi syarat. Pembuatan dan perawatan beton di lapangan menurut SNI 2493-2011 yaitu:

Peralatan yang digunakan antara lain :

- 1) Cetakan Silinder dengan ukuran 15x30cm
- 2) Batang penusuk
- 3) Palu
- 4) Alat penggetar
- 5) Alat pengambil beton
- 6) Wadah pengambilan adukan yang akan diuji
- 7) Peralatan saringan basah
- 8) Alat uji untuk kadar udara
- 9) Timbangan
- 10) Pengaduk beton

Adapun bahan penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Cara pembuatan beton sebagai berikut.

1. Tuangkan agregat dan Sebagian air pencampur ke dalam mixer sebelum mulai pengadukan. Nyalakan pengaduk lalu tambahkan agregat halus, semen, dan air yang tersisa Ketika mesin sedang berjalan. Jika penambahan bahan tidak dapat dilangsungkan saat mesin sedang berjalan, maka mixer dimatikan dulu. Setelah seluruh bahan di masukan ke dalam *mixer* beton di aduk lagi selama 3 menit, lalu 3 menit berhenti, dan di teruskan 2 menit untuk diaduk sampai merata. Agar tidak terjadi segregasi *mixer* harus tertutup rapat saat berhenti, bersihkan sisa adukan lalu gunakan sekop untuk di aduk kembali hingga merata.

2. Pilih bagian campuran beton yang akan digunakan kedalam pengujian untuk cetakan benda uji yang mewakili perbandingan dengan keadaan sebenarnya. Jika beton tidak diaduk atau diambil sampelnya, tutup kembali untuk mencegah penguapan.
3. Pada masing-masing campuran beton hitung nilai *slump* nya.
4. Jika nilai slump sudah memenuhi nilai yang ditetapkan, agar tidak terjadi Segregasi gunakan sekop untuk mencampur kembali Beton segar yang ada di wadah.
5. Cara pemadatan bisa dilakukan dengan ditusuk atau di getar dari luar maupun dalam. Nilai *slump* Dari adukan Beton dapat mempengaruhi pemilihan teknik yang akan digunakan. Pemadatan dikerjakan dengan cara ditusuk apabila *slump* lebih dari 75 mm, pemadatan dapat dikerjakan dengan cara ditusuk atau di getar apabila nilai slump antara 25 hingga 75 mm, dan pemadatan dikerjakan hanya dengan cara di getar apabila nilai slump dibawah 25mm.
6. Jika benda uji berbentuk Silinder, apabila kekentalannya memungkinkan permukaan beton diratakan dengan batang penusuk dan apabila kekentalannya tidak memungkinkan diratakan dengan roskam. Semen *Portland* bisa digunakan sebagai perata lapisan tipis pada permukaan silinder.
7. Agar mencegah penguapan air dari beton segar, gunakan plat yang tidak menyerap dan tidak reaktif untuk menutup benda uji, seperti lembaran plastik yang kokoh dan kedap air ataupun goni basah.
8. Setelah 24 ± 8 jam pisahkan benda uji dari cetakan.
9. Rendam benda uji saat dilepaskan dari cetakan sampai pengujian kuat tekan dilakukan di dalam suhu air $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$. Perawatan juga bisa dilakukan dengan metode Merendam beton di dalam air kapur jenuh atau disimpan di ruangan lembab. Hindari benda uji dari tetesan air atau aliran air.

2.9 Pengujian *Slump Test*

Pengujian slump adalah salah satu cara untuk mengetahui, serta menentukan konsistensi atau tingkat kualitas campuran beton adalah dengan cara melakukan pengujian slump menurut SNI 1972:2008 sebagai berikut :

Adapun peralatan yang digunakan antara lain :

1. Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm.
3. Pelat logam yang permukaannya kokoh, rata, dan kedap air.
4. Sendok cekung.
5. Mistar

Benda uji yang digunakan adalah contoh beton segar yang mewakili campuran beton.

Cara pengujian *slump* sebagai berikut.

1. Lap cetakan dan plat menggunakan kain basah
2. Tempatkan cetakan di atas plat
3. Beton segar di tuangkan ke cetakan dalam 3 lapis, tiap lapis terdapat 1/3 isi cetakan lalu di tusuk sebanyak 25 tusukan dengan tongkat pemadat
4. Jika penusukan selesai, gunakan tongkat untuk meratakan permukaan benda uji lalu singkirkan benda uji yang jatuh di sekitar cetakan, selanjutnya cetakan diangkat harus selesai.
5. Balikkan cetakan dan angkat secara pelan di samping benda uji, kemudian hitung slump dengan mengukur tegak lurus antara ujung cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

2.10 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan salah satu andalan utama bahan ini. Kekuatan (*strength*) adalah kemampuan suatu bahan untuk memikul tegangan (*stress*) sampai runtuh. Dalam beton proses keruntuhan ditandai dengan terjadinya retakretak mikro. Kuat tekan beton jauh lebih tinggi bila dibandingkan kuat tariknya, dengan demikian pemanfaatan beton terutama diarahkan pada sifat tekan tersebut. Kuat tekan beton selalu ditentukan pada umur 28 hari. Komponen beton dapat dipandang sebagai bahan komposit yang terbangun dari tiga elemen yaitu agregat, mortar dan daerah interfasa (*interface*). Ketiga komponen tersebut akan mempengaruhi kuat tekan beton yang terbentuk. Sifat masing-masing komponen yang membangun kuat tekan beton.

2.10.1 Perhitungan Kuat Tekan Beton

Untuk menghitung kuat tekan beton dapat digunakan dengan rumus :

$$(f'c) = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \quad (2.3)$$

Dengan :

(f'c) = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D) benda uji yang disajikan pada Tabel berikut Tabel 2. 12 sebagai berikut (SNI-1974-2011).

Tabel 2. 12 Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D) benda uji

L/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Faktor	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87

(Sumber: SNI-1974-2011)

Koreksi faktor di atas berlaku untuk beton ringan dengan bobot isi antara 1600 kg/m³ sampai dengan 1920 kg/m³ dan untuk beton normal. Koreksi faktor ini berlaku untuk kondisi kering atau basah saat pembebanan. Nilai yang tidak terdapat pada tabel harus ditetapkan dengan interpolasi.