



---

## **BETON BERMUTU DAN RAMAH LINGKUNGAN DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG** *(Penelitian Laboratorium)*

**Johan Oberlyn Simanjuntak<sup>1</sup>, Tiurma Elita Saragi<sup>2</sup>, Belinauli Teknika Lumbangaol<sup>3</sup>**

Fakultas Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen

Email: Oberlyn.simanjuntak@yahoo.co.id, Saragih\_27@yahoo.com

### **Abstract**

The need for housing is more higher along with the times and this is also a factor to increasing for concrete needed for building development. The more concrete that is produced, the more cement is needed for construction. Concrete is a composite material (mixture) of several materials, the main ingredient which consists of a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water and or without other additives with a certain ratio.

Utilization of waste carried out in this study is to utilize corn cobs waste which is commonly found in the outskirts of the city of Medan. By utilizing this waste, it is hoped that it can reduce the accumulation of corn agricultural waste and also increase public insight about how to treat corn cobs waste into other forms. In this study, a concrete trial was carried out by adding corn cobs ash waste to concrete which aims to find out whether corn cobs ash can increase the compressive strength of concrete with variations in the percentage of the mixture of 0%, 3%, 6%, and 9% of the cement weight.

The compressive strength value of normal concrete (25.45MPa), while with the substitution of corn cob ash 3% (21.96 MPa), 6% (18.56MPa), and 9% (16.45MPa). So it can be concluded that the resulting compressive strength exceeds the planned compressive strength and the optimum substitution value of corn cobs varian is at the 3% variant, namely 21.96 MPa.

**Keywords:** *Concrete, Environmentally Friendly, Cement, Fine Aggregate , Compressive Strength.*

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Beton ramah lingkungan yang menggunakan lebih sedikit energy dalam produksinya dan menghasilkan lebih sedikit CO<sub>2</sub> daripada beton normal disebut beton hijau (*green concrete*) atau yang lebih dikenal dengan nama beton ramah lingkungan. Tujuan pengembangan beton ramah lingkungan ini adalah untuk pembangunan berkelanjutan tanpa merusak sumber daya alam. Bahan utama dalam beton ramah lingkungan adalah semen yang terdiri dari batu kapur. Selama pembuatan semen, bahan-bahannya dipanaskan sampai sekitar 800°C hingga 10000°C. Selama proses ini, karbondioksida dilepaskan. Sekitar 1 kg lemparan beton sekitar 900 gms CO<sub>2</sub> keatmosfir. Karena itu, beton ramah lingkungan menjadi eksistensi untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>.

Campuran beton untuk beton ramah lingkungan sama dengan beton konvensional, namun kebutuhan material pendukung harus dicampur sedemikian rupa sehingga menempati nilai minimum atau void minimum dalam beton. Material beton ini dipakai dari bahan yang dipergunakan kembali, tergantung dari tujuan penggunaan beton ramah lingkungan ini.



Keunggulan beton ramah lingkungan :

1. Desain campuran yang dioptimalkan berarti penanganan yang lebih mudah, konsistensi yang lebih baik, dan penyelesaian yang lebih mudah.
2. Pengurangan penyusutan dan *creep*.
3. Beton ramah lingkungan menggunakan material lokal dan daur ulang.
4. Panas hidrasi secara teknis lebih rendah dari pada beton tradisional.
5. Hal ini menghasilkan kenaikan suhu yang lebih rendah dalam menuangkan beton massa yang merupakan keunggulan nyata dari beton ramah lingkungan.

Kerugian beton ramah lingkungan :

1. Penyerapan air tinggi.
2. Struktur yang dibangun dengan beton ramah lingkungan memiliki waktu layan kurang dari struktur yang dibangun dengan beton konvensional.
3. Kekuatan tegang beton ramah lingkungan kurang dari beton konvensional..

### **1.1. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton dengan memanfaatkan material organik abu tongkol jagung pada campuran beton?
2. Apakah dengan penambahan abu tongkol jagung sebagai bahan tambah dapat menambah kuat tekan beton ?
3. Apakah limbah abu tongkol jagung layak digunakan untuk menambah kekuatan beton ?
4. Bagaimana persentase abu tongkol jagung dan semen yang paling optimum ?

### **1.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu tongkol jagung sebagai bahantambah.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Untuk meningkatkan kualitas beton, sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan abu tongkol jagung sebagai peningkatan mutu beton.
2. Menekan biaya pembuatan beton karena menggunakan bahan limbah yang tidak terpakai.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini diambil sebagai berikut ini.



1. Semen yang digunakan tipe 1 merk Semen Padang.
2. Tongkol jagung diambil dari daerah Tembung, Medan.
3. Pasir diambil dari daerah Binjai.
4. Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Binjai.
5. Air berasal dari Laboratorium Konstruksi dan Mekanika Bahan Universitas HKBP Nommensen Medan.
6. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
7. Pengujian sampel : 7, 14, 21, 28 hari.
8. Persentase tongkol jagung : 0% , 3%, 6%, 9%.
9. Benda uji yang dihasilkan 48 buah.
10. Mutu beton (  $f'c$  ) 25 Mpa.
11. Tongkol jagung dibakar sampai menjadi abu.
12. Abu tongkol jagung lolos saringan No.100 dan tertahan di No.200

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Umum

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan.

### 2.2. Bahan-bahan Penyusun Beton

#### 2.2.1. Semen Portland

Komponen semen portland terdiri dari :

- a. Trikalsium Silikat ( $C_3S$ )
- b. Dikalsium Silikat ( $C_2S$ )
- c. Trikalsium Aluminat (C, A)
- d. Tetrakalsium Aluminoforit ( $C_4AF$ )



**Tabel 2.1. Komposisi Oksida Semen Portland**

Oksida	Komposisi (%)
CaO	60 – 65
SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 6
MgO	0,5 – 4
SO <sub>3</sub>	1 – 2
K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O	0,5 – 1

Sumber : Kardiyono Tjokrodinuljo, 2007

### 2.2.2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri.

### 2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus ( pasir ) dan agregat kasar (kerikil) yang didapat secara alami atau buatan.

**Tabel 2.2. Gradasi Pasir**

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I Pasir kasar	Daerah II Pasir agak kasar	Daerah III Pasir agak halus	Daerah IV Pasir halus
10	100	100	100	100



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

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

**Tabel 2.3.Gradasi Kerikil**

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007

#### 2.2.4 Tongkol Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman pangan penghasil karbohidrat yang terpenting di dunia, selain gandum dan juga padi. Untuk hal ini di beberapa negara seperti di wilayah Amerika Tengah dan Selatan, bulir jagung menjadi makanan pokok. Dan begitu juga di beberapa wilayah Afrika dan Indonesia sendiri.



**Gambar 2.1. Tanaman Jagung**



**Tabel 2.4. Hasil Uji Unsur Kimia Abu Tongkol Jagung**

KOMPOSISI	HASIL UJI
Si	8,75%
P	2,4%
S	0,4%
K	81,2%
Ti	0,07%
Mn	0,12%
Fe	1,05%
Cu	0,16%
Zn	0,16%



Br	1,12%
Rb	0,30%
Y	1,1%
Mo	0,06%
Ba	3,0%
Eu	0,2%

Sumber : Penelitian Abu Tongkol Jagung dari Desa Gedog Wetan, Kec. Turen, Kab. Malang

### 2.3. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air. Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990)

### 2.4. Slump

Slump merupakan salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran.

### 2.5. Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. (Tri Mulyono, 2003).

### 2.6. Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton dinyatakan dalam satuan Mpa atau kg/cm<sup>2</sup>.

$$f'ci = \frac{P}{A} \times \frac{1}{fu} \dots\dots\dots$$

(1)

$$f'cr = \frac{\sum_{i=1}^n f'ci}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$sd = \sqrt{\frac{(f'ci - f'cr)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (3)$$

$$f'c = f'cr - 1,64 sd \dots\dots\dots (4)$$



Keterangan :

- P = Beban kuantekan (N)
- A = Luas penampang
- $f_u$  = faktorumur
- $f'_{ci}$  = Kuattekabeton pada keadaanawal
- $f'_{cr}$  = Kuattekana rata-rata (MPa)
- $f'_c$  = Kuattekana (MPa)

## METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan *beton normal*  $f'_c = 25 \text{ Mp}$  sebagai kontrol dengan beton yang akan dieksperimen. Beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan abu tongkol jagung terhadap kuat tekan beton.

### 3.2. Variabel dan Parameter

Variabel adalah atribut dari sekelompok objek yang mempunyai variasi antara satu objek dengan objek lainnya dalam kelompok tersebut sebagai mana yang dikemukakan oleh *Sugiyono (2002:2)*.

Variabel dalam penelitian ini campuran beton dengan mensubsitisi sebagian semen dengan abu tongkol jagung. Pada penelitian ini jumlah sampel ditentukan masing-masing 3 sampel tiap varian yang ditetapkan.

**Tabel 3.1. Jumlah Sampel Benda Uji**

KELOMPOK	JUMLAH PENGUJIAN KUAT TEKAN PADA UMUR				JUMLAH BENDA UJI
	7hari	14hari	21hari	28hari	
Beton Normal	3	3	3	3	12
Beton Eksperimen :					
3 % ATJ	3	3	3	3	12
6 % ATJ	3	3	3	3	12
9 % ATJ	3	3	3	3	12

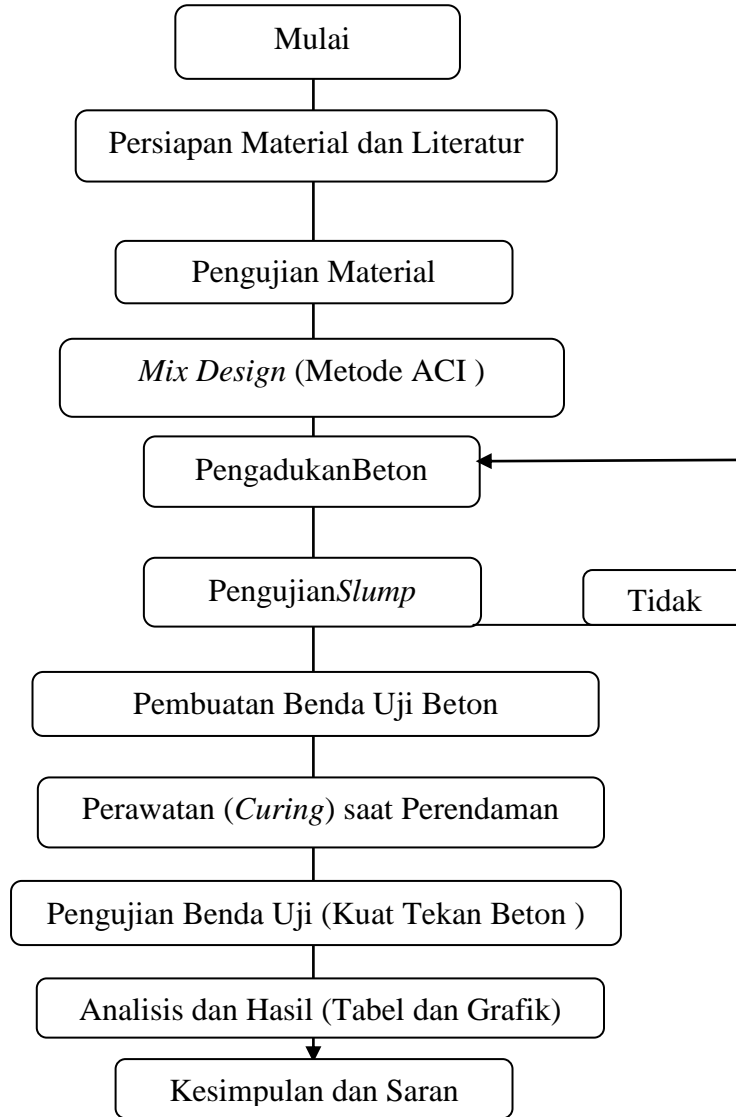


---

JUMLAH	12	12	12	12	48
--------	----	----	----	----	----

---

### 3.3. Alur Penelitian :



**Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian**

### 3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengamatan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Universitas HKBP Nommensen Medan, Jalan Sutomo No. 4A Medan 20235.



### 3.5. Tahapan Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan *mix design*. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan peraturan.

- 3.5.1 Pengujian Kehalusan Semen Portland
- 3.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland
- 3.5.3 Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat
- 3.5.4 Pengujian Kadar Air Agregat
- 3.5.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat
- 3.5.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- 3.5.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- 3.5.8 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus
- 3.5.8 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles
- 3.5.9 Pemeriksaan Kehalusan Abu Tongkol Jagung
- 3.5.10 Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Pengikatan awal Semen Portland

### 3.6 Tata Cara Pembuatan Rencana *Mix Design* Menurut SNI 03-2834-1993

Berdasarkan SNI 03-2834-1993, dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Untuk struktur bangunan tahan gempa disyaratkan kuat tekan beton lebih dari 20 Mpa.
- b. Penetapan nilai deviasi standar ( $s$ ). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian dalam pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik tingkat pengendalian mutu, semakin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah benda uji minimal 30 buah, maka data standar deviasi yang dimiliki bisa langsung digunakan. Jika jumlah benda uji kurang dari 30 buah, maka harus dilakukan penyesuaian.
- c. Menentukan nilai tambah atau *margin* ( $m$ )

$$m = 1,34s \text{ Mpa} \quad \text{atau}$$

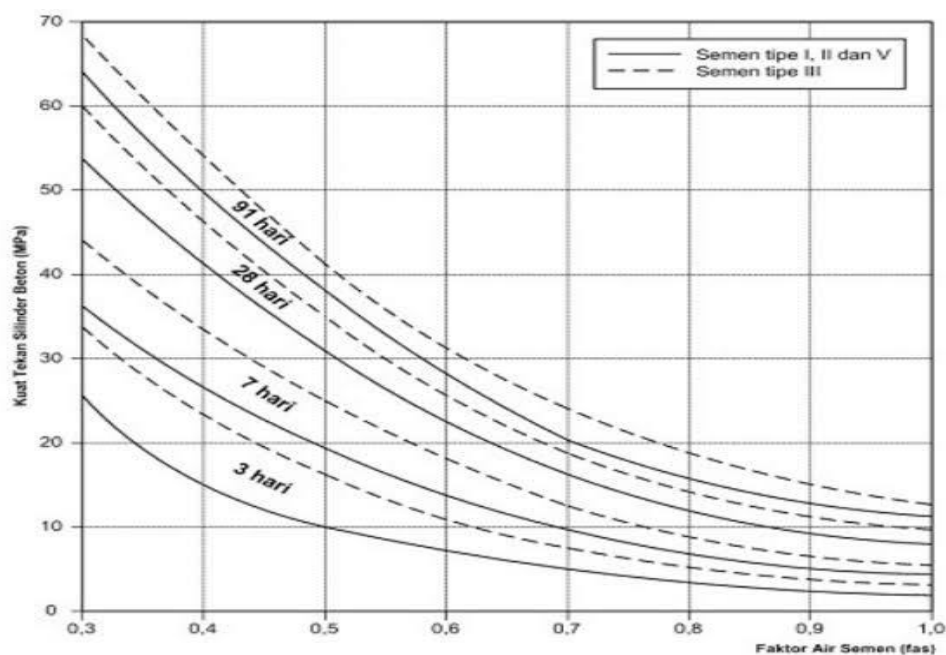


$$m = 2,33s - 3,5 \text{ Mpa}$$

**Tabel 3.2. Nilai Margin jika Data Tidak Tersedia Untuk Menetapkan Deviasi Standar**

Persyaratan Kuat Tekan, $f'c$ , (Mpa )	Margin (m), ( Mpa )
< 21 Mpa	7,0
21 s/d 35	8,5
> 35	10,0

- d. Menetapkan nilai kuat tekan rata-rata yang harus direncanakan dengan menggunakan rumus :  $f'cr = f'c + m$
- e. Menentukan nilai faktor air semen (FAS); untuk tahapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu :
- f. Cara pertama : berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan Gambar 3.2



**Gambar 3.2. Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton (sebagai perkiraan nilai FAS dalam rancang campuran)**

2. Cara kedua : untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen yang digunakan, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu,



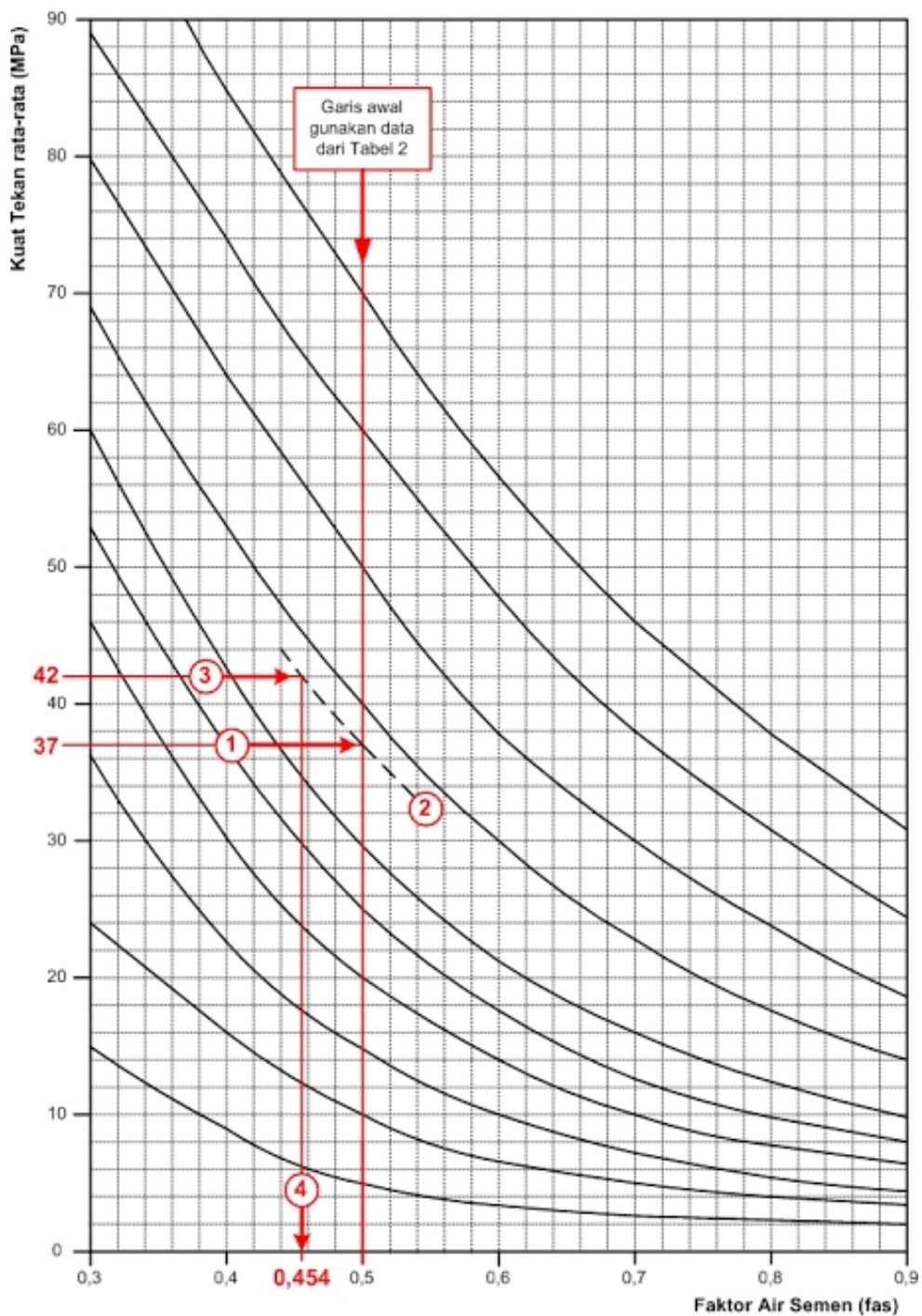
dapat ditetapkan nilai faktor air semen dari Tabel 3.2. dan Gambar, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Perhatikan Tabel 3.2. di bawah ini. Berdasarkan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton rencana, diperkirakan nilai kuat tekan beton yang akan diperoleh, jika
- b. dipakai faktor air semen, sebesar 0,50.

**Tabel 3.3. Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan FAS 0,50**

Jenis Semen	Jenis AgregatKasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I,II,V	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

- c. Lihat Gambar. Lukislah titik A pada Gambar dengan nilai FAS 0,50 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.2. (sebagai ordinat). Kemudian pada titik A tersebut dibuat grafik baru yang betuknya sama/mengikuti 2 buah grafik yang ada di dekatnya. Selanjutnya tarik garis mendatar dari sumbu tegak di sebelah kiri, sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan, sampai memotong grafik baru tersebut, lalu tarik garis ke bawah untuk memperoleh nilai faktor air semen yang sesuai.
- d. Menetapkan nilai faktor air semen maksimum. Agar beton yang diperoleh awet dan mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan sekitarnya, perlu ditetapkan nilai FAS maksimum menurut Tabel 3.3.



**Gambar 3.3.**  
**Hubungan FAS dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder**

**Tabel 3.4. Persyaratan Nilai FAS Maksimum untuk Berbagai Pembetonan di Lingkungan Khusus**



Jenis Pembetonan	FAS Maksimum	Semen Minimum (kg/m <sup>3</sup> )
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan sekeliling non-korosif	0,60	275
b. Keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi atau uap korosi	0,52	325
Beton di luar ruang bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60	275
Beton di luar ruang bangunan :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55	325
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat Tabel 3.5.	
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat Tabel 3.4	

**Tabel 3.5. Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Dalam Air**

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m <sup>2</sup> )	
				Agregat maks.	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Semua Tipe I-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15%-40%) atau PPC	340	380
	Air laut	0,50	Tipe II atau V	290	330

		0,45	Tipe II atau V	330	370
--	--	------	----------------	-----	-----

**Tabel 3.6. Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat**

Kadar gangguan Sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub> Dalam Tanah		Sulfat (SO <sub>2</sub> ) dalam air tanah g/l	Tipe Semen	Kandungan semen minimum berdasarkan ukuran agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			Nilai FAS Maks
	Total SO <sub>2</sub> (%)	SO <sub>2</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2:1 g/l			40 mm	20 mm	10 mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozzolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2.	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I	290	330	350	0,50
				Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe IV	250	290	340	0,55
3.	0,5-1,0	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe	330	370	420	0,45

				V				
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V dengan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

**Tabel 3.7. Penetapan Nilai Slump**

Pemakaian Beton	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Pondasi Telapak Tidak Bertulang, Kaison, dan Struktur di bawah Tanah	9,0	2,5
Pelat, Balok, Kolom, dan Dinding	15,0	7,5
Perkerasan Jalan	7,5	5,0
Pembetonan Masal	7,5	2,5

**Tabel 3.8. Perkiraan Kebutuhan Air untuk Setiap Meter Kubik Beton (liter)**

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205





**Tabel 3.9. Batas Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-1993**

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

**Tabel 3.10. Perencanaan *Mix Design***

No.	Uraian	
1.	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari ( $f'c$ )	25 MPa
2.	Deviasi standar ( $s$ )	7 MPa
3.	Nilai tambah ( $m$ )	$1,64 \times 7 = 11,5$ Mpa
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan ( $f'cr$ )	$25 + 11,5 = 36,5$ MPa
5.	Jenis semen	Tipe I
6.	Jenis agregat : - agregat kasar - agregat halus	Batu pecah
		Alami
7.	Faktor Air Semen : - cara 1 - cara 2 - FAS Maks.	0,43 (Grafik)
		0,52 (Tabel)
		0,6 (Syarat)
8.	Faktor Air Semen yang dipakai	0,43
9.	<i>Slump</i>	30 – 60 mm
10.	Ukuran Agregat Maksimum	40 mm
11.	Kadar Air Bebas	$170 \text{ kg/m}^3$ (Tabel)
12.	Jumlah semen	$395,35 \text{ kg/ m}^3$
13.	Jumlah semen maks.	-
14.	Jumlah semen minimum	$275 \text{ kg/ m}^3$
15.	Jumlah semen yang dipakai	$395,35 \text{ kg/ m}^3$
16.	Faktor Air Semen yang disesuaikan	0,43
17.	Susunan butiran agregat halus	Daerah Gradasi 2

18.	Berat Jenis Agregat Halus	2,2 gr/cm <sup>3</sup>
	Berat Jenis Agregat Kasar	2 gr/ cm <sup>3</sup>
19.	Persen agregat halus	35%
20.	Berat Jenis SSD	2,1 gr/ cm <sup>3</sup>
21.	Berat Isi Beton	2380 kg/ m <sup>3</sup>
22.	Kadar Air Gabungan	1814,65 kg/ m <sup>3</sup>
23.	Kadar Agregat Kasar	635,12 kg/ m <sup>3</sup>
24.	Kadar Agregat Halus	1179,53 kg/ m <sup>3</sup>

#### Proporsi campuran

Jumlah bahan (teoritis)	Semen	Air	Agregat Kering SSD		Berat isi
			Halus	Kasar	
Tiap m <sup>3</sup>	395,35	170	635,12	1179,53	2380
Tiap benda uji 0,12 m <sup>3</sup>	47,442	20,4	76,214	141,54	285,596

#### Proporsi campuran koreksi

Jumlah bahan	Semen	Air	Agregat Kering SSD		Berat isi
			Halus	Kasar	
Tiap m <sup>3</sup>	395,53	206,293	622,4176	1155,93	2380,1706
Tiap benda uji 0,12 m <sup>3</sup>	47,442	24,755	74,69	1387,116	1534,003

## ANALISIS DAN HASIL

### 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat kasar

4.1.2 Hasil Pengujian Kehalusan Semen dan Abu Tongkol Jagung

### 4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (MPa)

- Komposisi abu tongkol jagung 0%
- Komposisi abu tongkol jagung 3%
- Komposisi abu tongkol jagung 6%



- Komposisi abu tongkol jagung 9%

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Peningkatan suhu evaporator (*heat source*) akan mempengaruhi efektifitas perpindahan panas dan hambatan termal pada APKLT
2. Efektifitas perpindahan panas pada APKLT yang berfluida kerja R134a menurun seiring peningkatan kecepatan aliran udara pada saluran (*duct*).
3. Tekanan fluida kerja berpengaruh terhadap efektifitas perpindahan panas pada APKLT. Semakin tinggi tekanan R134a maka efektifitas semakin meningkat. Efektivitas perpindahan panas APKLT fluida kerja bertekanan 1,2 MPa sekitar 30-68% dan lebih tinggi dibandingkan efektifitas perpindahan panas APKLT fluida kerja bertekanan 0,8 MPa sekitar 22-35%. Hambatan termal APKLT bertekanan 0,8 MPa sekitar 0,3-0,45 °C/W dan lebih besar dari hambatan termal APKLT bertekanan 1,2 MPa sekitar 0,08-0,4 °C/W.

## DAFTAR PUSTAKA

- Antoni & Paul Nugraha, 2007, *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan 1993, *Sturktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fakhrunisa, N, Boedya, D, Adjib, K 2018, '*Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Bervariasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self-Compacting Concrete)*', *Jurnal Bangunan*, Vol.23, No.2.
- Hadi, M 2018, '*Mengenal Beton Hijau Green Concerete*', *ilmubeton.com*, 11 Mei 2020, (<https://www.ilmubeton.com/2018/07/mengenal-beton-hijau-green-concrete.html>).
- Hepiyanto, R & Mohammad, A F 2019, '*Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200*', Universitas Islam Lamongan, Lamongan.
- Juwanto, Ratih, F, Turyanto, Andriani, A, Prasetyo, O, Supyono 2017, '*Pemanfaatan Bahan Additive Abu Batang Jagung dan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Beton Ringan Ramah Lingkungan*', Universitas Semarang, Semarang.
- Mulyono, Tri 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.



---

Pendidikan, D 2014, *Tanaman Jagung – Syarat Tumbuh, Ciri, Teknik, Analisis Usaha*, dosenpendidikan.co.id, 25 September 2019, ([https://www.dosenpendidikan.co.id / tanaman-jagung](https://www.dosenpendidikan.co.id/tanaman-jagung)).

‘Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971’ 2018, mycivilian.files.wordpress.com, 30 September 2019, (<https://mycivilian.files.wordpress.com/2018/01/pbi-1971-peraturan-beton-bertulang-indonesia.pdf>).

Tjokrodimulyo, K 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.

Wahyudi, L & Syahril, A R 1997, *Struktur Beton Bertulang*, PT Gramedia Utama, Jakarta.