

yang paling dominan dalam memberikan sifat semen.³ Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu, unsur ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama setelah mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_3S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan akan mempengaruhi susutan pengeringan. Unsur C_3A berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam.

C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 % beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C_3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang pampang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10% akan kurang terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C_3A terlalu banyak (maksimum 5 % saja). Semen yang terkena asam sulfat (SO_4) didalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C_3A yang bereaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada beton.

Unsur C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

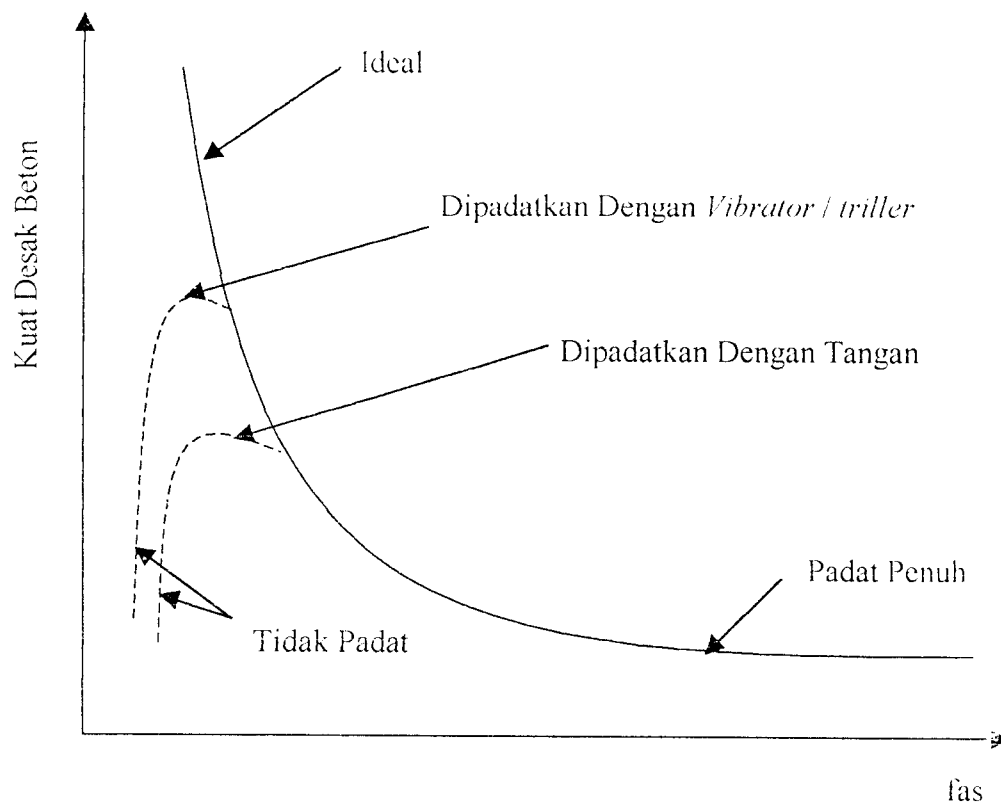
Namun sejumlah unsur C_3A dan C_4AF tetap ditambahkan pada semen mengingat pengaruhnya terutama untuk menurunkan temperatur dalam kilang atau tanur pembakaran dan memfasilitasi kombinasi kapur dan silika pada proses

³ Kardiyono/Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton* (Yogyakarta : UGM, 1992)

dihasilkan bentuk kristal silika. Umumnya bentuk-bentuk kristal dalam abu sekam diukur dengan menggunakan difraksi sinar-x.

Terbentuknya kristal silika ternyata dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Ankra (Swamy, 1986) menambahkan bahwa lingkungan pembakaran juga mempengaruhi luas permukaan tersebut. Oleh karena itu, faktor waktu, suhu, dan lingkungan pembakaran harus dipertimbangkan dalam proses sekam padi untuk diproduksi menjadi abu yang memiliki tingkat reaktifitas yang maksimum.

Hasil akhir dari proses produksi yang diharapkan berupa abu sekam padi (berwarna putih keabu-abuan) dan bukan arang sekam padi (berwarna hitam), sehingga yang perlu diperhatikan adalah suhu pembakarannya. Adapun kandungan sifat kimia yang dimiliki dari abu dan silika beberapa tanaman diperlihatkan pada tabel 3.4. sebagai berikut :



Gambar. 3.2. Hubungan Antara Kuat Desak Beton Dengan Nilai Faktor Air Semen

3.7 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekecekan suatu adukan beton. Tingkat kekecekan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai slump berarti semakin baik adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 3.7. sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sampel yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + k \cdot s$$

Dengan f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata (Mpa)

f'_c = kuat desak beton rencana (Mpa)

k = tetapan statistik, untuk Indonesia memakai 5% kegagalan (*defectives*) maka faktor $k = 1,64$

s = standar deviasi berdasarkan tabel 3.9 dengan angka konversi, untuk sampel kurang dari 30 sampel tabel 3.10

Tabel 3.8 Nilai “k” untuk beberapa keadaan (Kardiono, 1992)

	Keadaan	Nilai k
01	Untuk 10% defektif	1,28
02	Untuk 5% defektif	1,64
03	Untuk 2,5% defektif	1,96
04	Untuk 1% defektif	2,33

Tabel 3.9 Nilai deviasi standar (kg/cm^2), (Antono, 1988)

Volume Pekerjaan (M^3)	Mutu pekerjaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$45 < s < 55$	$55 < s < 65$	$65 < s < 85$
Sedang 1000 – 3000	$35 < s < 45$	$45 < s < 55$	$55 < s < 75$
Besar > 3000	$25 < s < 45$	$35 < s < 45$	$45 < s < 65$

Tabel 3.10 Faktor modifikasi simpangan baku untuk data uji kurang dari 30 sampel (Kardiono, 1992)

Jumlah sampel	Faktor pengali standar deviasi
≥ 30	1,00
25	1,03
20	1,08
≤ 15	1,16

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (tabel 3.11) dan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (tabel 3.12) sebagai berikut

Tabel 3.11 Hubungan faktor air semen dengan kuat kubus beton umur 28 hari (Kardiono, 1992)

Faktor air semen (FAS)	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	25
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.12 Nilai “fas” berdasarkan pengaruh tempat (Kardiono, 1992)

Kondisi Elemen	Nilai fas
- Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
- Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
- Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
- Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan besarnya nilai slump.

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur.

Tabel 3.13 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen (Kardiono, 1992)

Pemakaian jenis elemen	Maks (cm)	Min (cm)
- Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
- Pondasi telapak tidak bertulang, koison, dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
- Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
- Pengerasan jalan	7,5	5,0
- Pembetonan massal	7,5	2,5

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada tabel 3.14 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Gradasi pasir alam asal sungai Boyong

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat tertinggal (%) Kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
percobaan						
4.80	0	0	0	0	0	0
2.40	318	304	15.956	15.227	15.956	15.227
1.20	839.5	830	42.122	41.573	58.078	56.800
0.60	526	533	26.392	26.697	84.471	83.496
0.30	183	195.5	9.182	9.792	93.653	93.288
0.15	85	92	4.265	4.608	97.918	97.896
Sisa	41.5	42	2.082	2.104	-	-
Jumlah	1993.0	1996.5	100	100	350.076	336.080
Jumlah rata-rata	1994.75		100		343.078	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (mhb)} &= \frac{\% \text{ berat tertinggal}}{100} \\ &= \frac{343.078}{100} \\ &= 3.43 \end{aligned}$$

3. Agregat Kasar

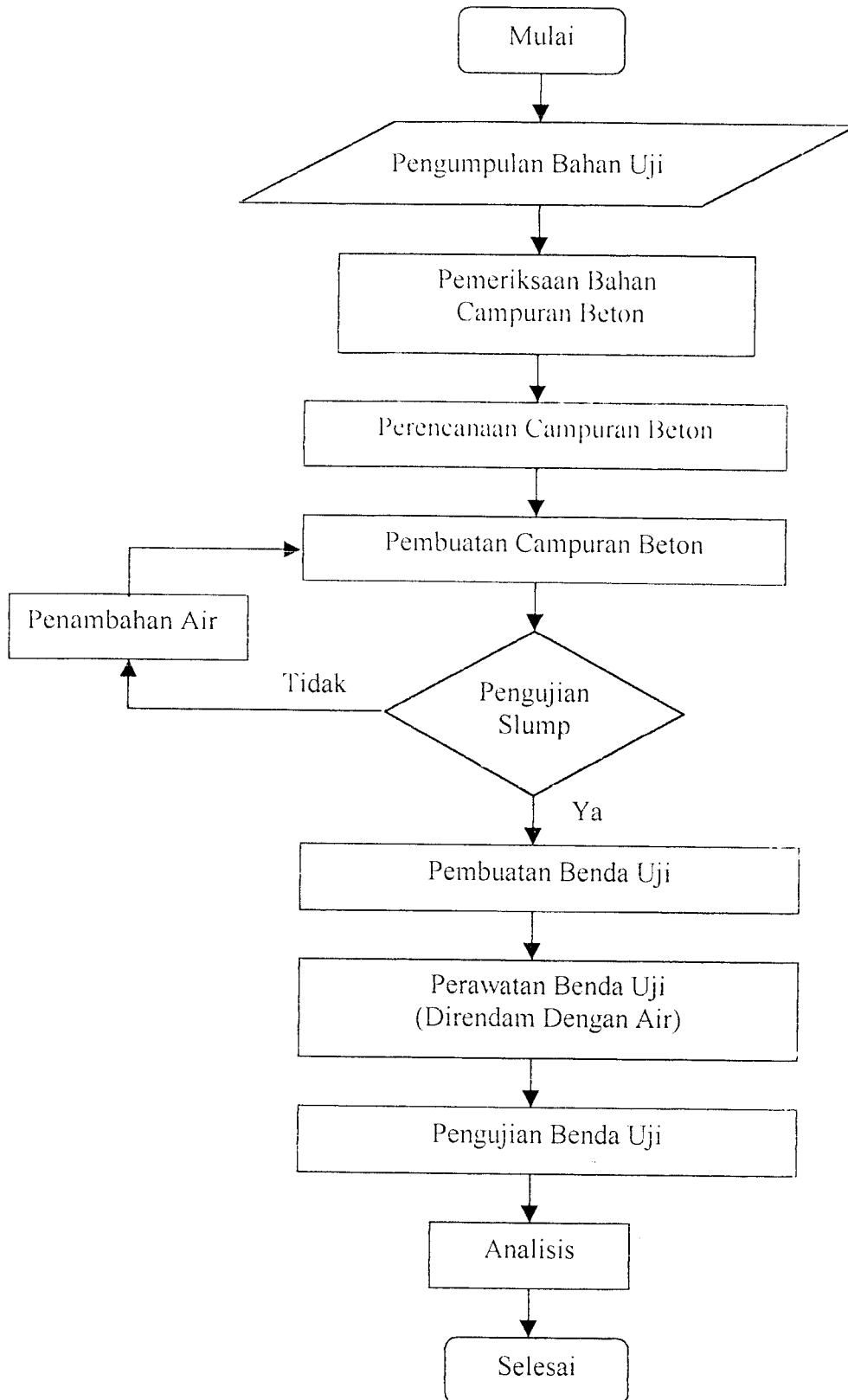
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat batu alam pecah dengan data sebagai berikut :

1. Asal agregat : Sungai Progo
2. Berat jenis (SSD) : 2,68 gr/cm³
3. Berat volume agregat : 1624.088 kg/cm³

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan terhadap hipotesa. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap penarikan kesimpulan

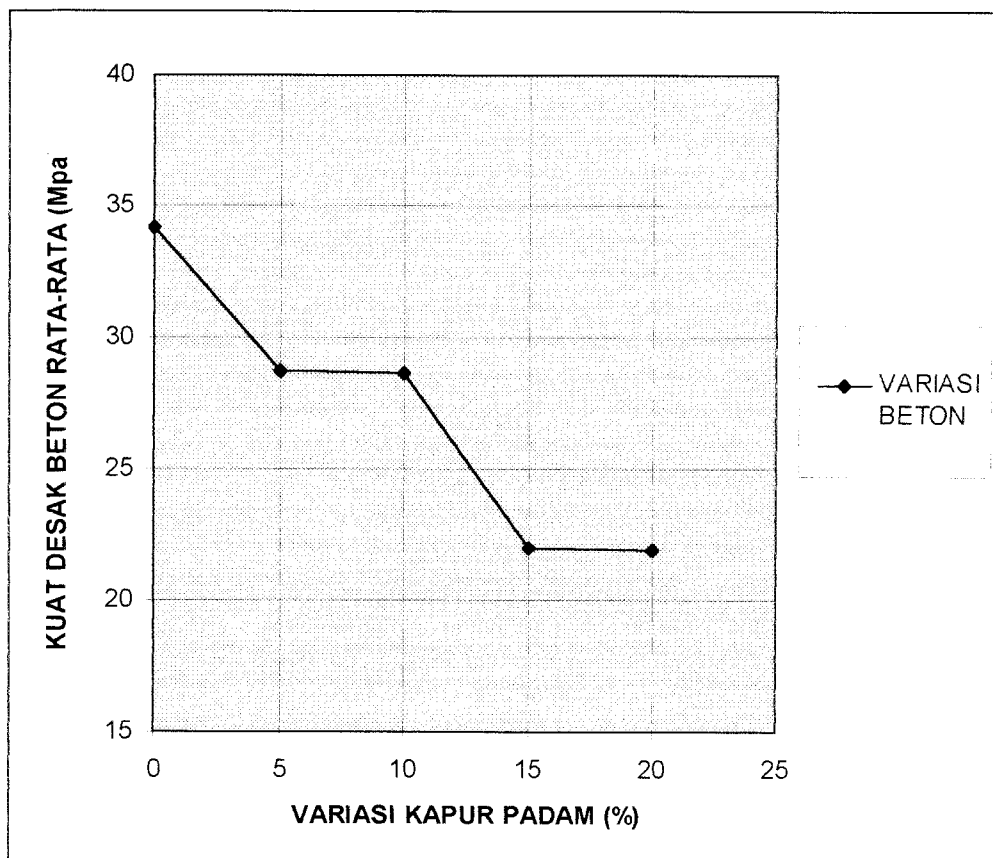
Tahap hasil laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan.



Gambar 4.1 Bagan Alir Prosedur Penelitian

VARIASI KAPUR PADAM DENGAN 10% RHA (%)	KUAT DESAK BETON RATA - RATA (Mpa)
0	34.162
5	28.684
10	28.662
15	22.001
20	21.912

* Kuat Desak Beton Normal Rata-rata = 25.784 Mpa



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Variasi Kapur Padam dengan Kuat Desak Beton Rata-rata (f'_{cr})

5.2 Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Adanya elastis didefinisikan sebagai perubahan tegangan (*stress*) akibat adanya regangan dan elastis, yang merupakan ukuran untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan bahan terhadap adanya perubahan bentuk atau deformasi (I Gede Oka D), modulus elastis juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dengan regangan.¹

Sedangkan modulus kenyal didefinisikan sebagai jumlah energi elastis yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan yang dibebani gaya, besarnya modulus kenyal sama dengan luas bidang dibawah diagram tegangan (σ) dan regangan (ϵ) sampai batas sebanding.²

Untuk menghitung besarnya modulus elastis dan modulus kenyal, mempergunakan formulasi sebagai berikut ini

$$E_c = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \dots \dots \dots (Mpa)$$

dengan : E_c = Modulus elastis

σ_p = Tegangan pada saat batas sebanding

ϵ_p = Regangan yang dihasilkan oleh tagangan σ_p

$$E_k = 0.5 \times \sigma_p \times \epsilon_p \dots \dots \dots (Mpa)$$

dengan : E_k = Modulus kenyal

σ_p = Tegangan pada saat batas sebanding

¹ Daniel L.S., *Struktur*, 1991

$$\begin{aligned}
 E_c \text{ rata - rata} &= \frac{\sum E_c}{5} \\
 &= \frac{251962,454}{5} \\
 &= 50392,491 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_k \text{ rata - rata} &= \frac{\sum E_k}{5} \\
 &= \frac{2,9803E - 02}{5} \\
 &= 5,9606E - 03 \text{MPa}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Hasil Hitungan Tegangan (σ) Dan Regangan (ϵ)

Beton Dengan Campuran 10% RHA + 15% Kapur Padam

Kode	Beban (KN)	Ho (mm)	Luas (mm ²)	Tegangan (Mpa)	δL 10 ⁻³ mm	Regangan
D1	190	300.00	17695.0	12.1590	155	5.167E-04
D2	220	299.00	17671.5	15.5230	240	8.027E-04
D3	210	300.00	17518.6	14.0375	201	6.700E-04
D4	140	300.75	17565.6	7.9976	110	3.658E-04
D5	90	300.25	17483.5	4.9892	68	2.265E-04
D6	110	301.10	17553.8	6.0196	70	2.325E-04
D7	250	298.55	17542.1	15.5515	179	5.996E-04

F8	110	300.00	17495.2	6.0203	73	2.433E-04
F9	120	299.50	17495.2	6.7208	75	2.504E-04
F10	150	302.75	17577.3	8.2894	98	3.237E-04

Tabel 5.18 Hasil Hitungan Modulus Elastis Dan Modulus Kenyal Beton

Normal (0% RHA + 0% Kapur Padam)

Kode	Modulus Elastis Ec (Mpa)	Modulus Kenyal Ek (Mpa)
F1	27555.870	8.4058E-04
F2	28195.069	6.7021E-03
F3	25517.509	1.7856E-03
F4	26561.175	9.6028E-04
F5	28010.602	1.1974E-03
F6	27333.759	3.0164E-03
F7	28204.176	1.6766E-03
F8	24744.349	7.3237E-04
F9	26840.256	8.4144E-04
F10	25608.279	1.3416E-03
Σ	268571.044	1.9094E-02