

**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH PLTU, PT. PLN PERSERO  
SEKTOR OMBILIN UNTUK BAHAN BANGUNAN  
(The use of Fly-Ash for Material Building Construction)  
(Study Penelitian Laboratorium)**

**TUGAS AKHIR**

**Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Menyelesaikan Studi pada Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area**

**Disusun Oleh :**

**HENKY HARIKSON TAMBUNAN**

**NIM : 948110017**

**NIRM : 94 110 8433 0017**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2003**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/1/24

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

**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH PLTU, PT. PLN PERSERO  
SEKTOR OMBILIN UNTUK BAHAN BANGUNAN  
(The use of Fly-Ash for Material Building Construction)  
(Study Penelitian Laboratorium)**



**Disusun Oleh :**

**HENKY HARIKSON TAMBUNAN**

**NIM : 948110017**

**NIRM : 94 110 8433 0017**

Menyetujui :  
Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

  
**(Ir. H. Edy Hermanto)**

  
**(Ir. Melloukey Ardan, MT)**

Mengetahui

Ketua Jurusan

Dekan



  
**(Ir. H. Edy Hermanto)**



  
**(Drs. Dadan Ramdan, M.Eng.Sc)**

**Tanggal Lulus :**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2003**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/1/24

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

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya kepada Tuhan Yang Maha Esa dan kepada Yesus Kristus Putranya Yang Tunggal yang memberi ketabahan, seiring dengan selesainya tugas akhir ini, yang mengambil pokok masalah beton dengan judul, “ Pengaruh Pemanfaatan Limbah PLTU, PT PLN Persero Sektor Ombilin Untuk Bahan Bangunan “.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Seperti kata pepatah tua yang mengatakan, “ Tak ada gading yang tak retak “, demikianlah pula Tugas Akhir ini, banyaknya kekurangan disana sini.

Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada berbagai pihak yang telah memberi bantuan baik moril maupun materil, terutama kepada :

1. Ibu Ketua Yayasan Universitas Medan Area
2. Bapak Ir. Zulkarnaen Lubis, MS, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Drs. Dadan Ramadhan, M. Eng. Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen serta staf-staf pengajar Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area.
7. Bapak Drs. Robinson Siregar, selaku Kepala Loka Perintisan Bahan Bangunan Lokal.
8. Bapak Bangun Ritonga, selaku Kepala Urusan Teknik Loka Perintisan Bahan Bangunan Lokal.
9. Ayahanda Jauhari Tambunan (+) dan Ibunda Eldina Br. Panjaitan (+) yang selalu berdoa dan selalu setia memberi dorongan dan semangat kepada penulis.
10. Saudara Amri Edi Lubis, ST, selaku Pembimbing di Laboratorium Loka Perintisan Bahan Bangunan Lokal.
11. Kakanda Trisnawati pegawai Tata Usaha Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
12. Rekan-rekan Mahasiswa/i Sipil angkatan 94 serta rekan-rekan yang di luar kampus yang selalu menegur sapa dan memberi semangat agar skripsi ini selesai.
13. Rekan-rekan Sipil angkatan 93 yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu atas tegur spanya menanyakan skripsi ini.

15. Seluruh pihak yang sudah banyak membantu, yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini, masih jauh dari sempurna.

Akhirnya, semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca sekalian.



Medan, Januari 2003

Penulis

Henky Harikson Tambunan

## ABSTRAK

Henky Harikson Tambunan, “ Pengaruh Pemanfaatan Limbah PLTU, PT PLN Persero Sektor Ombilin Untuk Bahan Bangunan “, di bawah bimbingan Bapak Ir. H Edy Hermanto selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT selaku Pembimbing II.

Beton merupakan bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam pembangunan fisik, baik untuk sarana gedung maupun bangunan sipil lainnya.

Tugas akhir ini menyajikan penelitian terhadap beton dengan mutu K 175 dengan penambahan Pemanfaatan Limbah PLTU, PT PLN Persero Sektor Ombilin Untuk Bahan Bangunan (Fly-ash), meliputi pengujian benda uji silinder 150 x 300 mm. Hasil pengujian meliputi kuat tekan.

Pada penambahan yang optimal sebesar 15 % ternyata kuat tekan beton fly-ash mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan beton tanpa fly-ash pada umur normal (< 28 hari) namun sebaliknya untuk umur 28 hari (> 28 hari) bahwa pengikatan kuat tekan beton fly-ash lebih besar dibandingkan dengan beton normal (tanpa fly-ash).

Selain itu workability campuran bertambah seiring dengan makin besarnya fly-ash.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Uraian Umum .....	1
1.2. Latar Belakang .....	1
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Permasalahan .....	2
1.5. Pembatasan Masalah .....	3
1.6. Metodologi .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Umum .....	5
2.2. Sumber Fly-Ash .....	7
2.3. Komposisi Mineral dan Kimia Fly-Ash .....	7

2.3.1. Fly-Ash Kelas C .....	10
2.3.2. Fly-Ash Kelas F .....	11
2.4. Kandungan Fisik Fly-Ash .....	11
2.4.1. Bentuk dan Ukuran Partikel Fly-Ash .....	12
2.4.2. Kehalusan .....	12
2.4.3 Berat Jenis Partikel Fly-Ash .....	13
2.5. Pengaruh Fly-Ash Pada Beton Segar .....	13
2.6. Pengaruh Fly-Ash Dalam Beton yang Mengeras .....	13
2.7. Pengaruh Dari W/C Pada Workability .....	14
2.8. Agregat (Aggregate) .....	16
2.8.1. Agregat Halus (Pasir) .....	17
2.8.2. Agregat Kasar (Batu Pecah) .....	18
2.9. Semen (Portland Semen) .....	18
2.10. Air .....	24

### **BAB III. LANDASAN TEORITIS**

3.1. Pengaruh Komposisi dan Zat Kimia .....	25
3.2. Pengaruh Faktor Air Semen (w/c) .....	32
3.3. Pengaruh Kelahalusan Penggilingan .....	32
3.4. Perencanaan Beton .....	34

## **BAB IV. PENELITIAN DI LABORATORIUM**

4.1.	Pembuatan Benda Uji .....	38
4.2.	Bahan-bahan yang Digunakan .....	38
4.2.1.	Semen .....	38
4.2.2.	Aggregat .....	38
4.2.3.	Fly-Ash (Abu Terbang) .....	39
4.2.4.	Air .....	39
4.3.	Perencanaan Campuran Beton .....	39
4.4.	Benda Uji .....	40
4.4.1.	Bentuk dan Dimensi Benda Uji .....	40
4.4.2.	Pembuatan Benda Uji .....	40
4.4.3.	Perawatan Benda Uji .....	40
4.4.4.	Pengujian dan Penelitian Benda Uji .....	41
4.5.	Kaut Hancur / Tekan Beton .....	41
4.5.1.	Alat yang Digunakan .....	41
4.5.2.	Metode PERhitungan Kuat Tekan .....	41

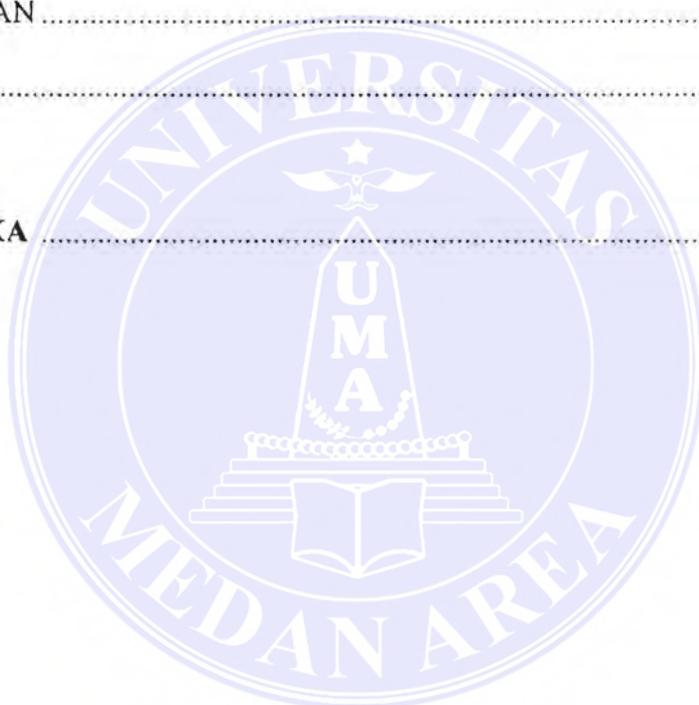
**BAB V. HASIL TEST DAN PEMBAHASAN**

5.1. Hasil Test .....	42
5.1.1. Workability Campuran .....	42
5.1.2. Kuat Tekan Beton .....	43
5.2. Pembahasan .....	49

**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1. KESIMPULAN .....	61
6.2. SARAN .....	61

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	64
-----------------------------	----



## DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	.Komposisi Kimia dan Bentuk Fisik dari Fly-Ash.....	8
TABEL 2.2.	Komposisi Kimia Abu Terbang Ex-Suralaya .....	10
TABEL 3.1.	Persentase dari Komposisi dan Kadar Senyawa Kimia Semen Portland.....	26
TABEL 3.2.	Komposisi Kimia Semen Dan Abu Terbang.....	30
TABEL 4.1.	Proporsi Campuran Beton.....	39
TABEL 5.1	Kadar Fly-Ash Dan Nilai Slump.....	42
TABEL 5.2.a.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 0%.....	43
TABEL 5.2.b.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 0% .....	50
TABEL 5.3.a	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 5%.....	44
TABEL 5.3.b	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 5% .....	51
TABEL 5.4.a	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 10%.....	45
TABEL 5.4.b.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 10% .....	52
TABEL 5.5.a.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 15%.....	46
TABEL 5.5.b.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 15% .....	53
TABEL 5.6.a.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 20%.....	47
TABEL 5.6.b.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 20% .....	54
TABEL 5.7.a.	Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 25%.....	48

Henky Harikson Tambunan - Pengaruh Pemanfaatan Limbah PLTU, PT. Pln Persero....	
TABEL 5.7.b. Hasil Test Kuat Tekan Kadar Fly-Ash 25% .....	54
TABEL 5.8. Tegangan rata-rata hasil test kuat tekan.....	56
TABEL 5.9. Persen Perubahan Kuat Beton Fly-Ash Terhadap Beton Tanpa Fly-Ash.....	57
TABEL 5.10. Hasil Kuat Tekan Dari Silinder Beton .....	58



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Abu Terbang (Pembesaran 2000 kali).....	9
Gambar 5.1. Hubungan peningkatan kekuatan tekan tanpa dan dengan penambahan abu terbang.....	56
Gambar 5.2.a. Pengaruh penambahan abu terbang pada beton (FAS = 0,28)...	59
Gambar 5.2.b. Pengaruh penambahan abu terbang.....	59



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Uraian Umum

Tiga jenis bahan utama yang digunakan dalam struktur yaitu, kayu, baja dan beton atau gabungan diantara ketiga. Beton merupakan bahan yang sering dipakai karena bahan untuk membuat beton (yang terdiri dari material agregat dan bahan baku semen) mudah dijumpai, juga struktur beton mempunyai banyak keuntungan. Keuntungan tersebut antara lain mudah dalam pelaksanaan, lebih tahan api, mempunyai kuat tekan yang besar dan hampir tidak memerlukan perawatan setelah terpasang serta beton dapat dibentuk/dicetak sesuai dengan bentuk yang dikehendaki.

### 1.2 Latar Belakang

Beton sebagai bahan struktur bangunan telah dikenal sejak lama dan banyak digunakan karena mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, oleh karena itu beton hampir selalu digunakan dalam proyek-proyek sipil terutama dalam pembangunan gedung, jembatan, jalan dan sebagainya.

Sebagai bahan konstruksi, beton memiliki kedudukan yang sangat penting karena sifatnya yang kuat terhadap gaya tekan, mudah perawatannya serta mudah dicetak/dibentuk sesuai dengan bentuk yang dikehendaki.

Dalam penelitian ini akan dicoba memperbaiki sifat beton tersebut yaitu dengan cara menambahkan fly-ash ke dalam adukan beton. Sehingga dengan penambahan fly-ash ke dalam adukan beton tersebut maka diharapkan terjadi kenaikan mutu beton terhadap kuat tekannya.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan bahan tambahan fly-ash pada perencanaan adukan beton mutu K-175.

### 1.4 Permasalahan

Semen merupakan bahan pengikat utama yang digunakan pada pembuatan beton. Dan beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan, disamping kelebihan yang kuat terhadap gaya tekan serta mudah dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Dengan perkembangan teknologi di bidang rancang bangun Sipil yang begitu pesat, maka kebutuhan akan beton yang berkualitas baik akan semakin didambakan. Di lain sisi semen sebagai bahan pengikat utama harganya (sendiri) mahal. Maka salah satu upaya untuk menaikkan kuat tekan beton tanpa menambahkan jumlah semen yang dipakai adalah dengan menggunakan/memakai bahan tambahan (admixture). Pada penelitian ini fly-ash (abu terbang) di cobakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan mutu kuat tekan beton rancang bangun.

## 1.5 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian mengenai pengaruh penambahan fly-ash pada beton terhadap kuat tekan ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Beton yang direncanakan adalah beton mutu K-175 dan rencana campuran beton berdasarkan PBI – 1979.
2. Fly-ash ditambahkan sebagai bahan tambahan pada rencana adukan beton berdasarkan persen berat semen.
3. Penambahan fly-ash pada beton dengan persen berat, bervariasi dari 0% - 25% dengan interval 5%.
4. Pengaruh penambahan fly-ash diamati pada kekuatan tekan silinder (15x30cm).
5. Dalam penelitian ini agregat kasar yang digunakan batu pecah/split ( $\varnothing$ 20 – 30 mm).

## 1.6 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah penelitian laboratorium yakni dengan melakukan percobaan-percobaan di laboratorium berupa pekerjaan antara lain :

1. Penyelidikan sifat-sifat fisik material penyusun beton.

2. Perencanaan campuran beton (Mix Design).
3. Pencetakkan benda uji : Silinder.
4. Perawatan/pemeliharaan benda uji (Curing).
5. Pengujian kekuatan tekan (Compression Testing).

Selanjutnya data-data yang diperoleh dari hasil pekerjaan laboratorium diolah dan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

(Fly-ash) abu terbang adalah hasil sisa pembakaran batu bara. Partikel abu terbang umumnya berbentuk bundar dan kadang lebih besar atau lebih kecil dari partikel semen, warna abu terbang coklat abu-abu atau antara keduanya .

(Fly-ash) abu terbang digunakan dalam campuran beton sebagai bahan Additive. Fly-ash (abu terbang) digunakan selain untuk aspek ekonomisasi juga untuk memperbaiki proses dan mutu untuk aplikasi tertentu . Di sini akan diberikan ringkasan teknologi penggunaan Fly-ash di dalam beton dan di daftar komprehensif menyangkut karakteristik Fly-ash, sifat-sifatnya dan efeknya terhadap beton. Menurut ACI 116 R “ Istilah-istilah Semen dan Teknologi Beton “ Fly-ash adalah hasil dari sisa-sisa pembakaran terpisah dari batu bara yang dikirim melalui Kotak Api ke boiler oleh gas dari pipa yang membawa panas ke boiler.

Fly-ash memiliki sifat Pozzolanic yang sama terhadap bahan Pozzolanic yang terjadi di alam, sementara yang berasal dari vulkanis ataupun sedimentasi ditemukan hampir di seluruh dunia. Lebih kurang 2000 tahun yang lalu orang Romawi mencampurkan abu vulkanis yang disebut Pulvis Puteolanus (yang kemudian dirubah menjadi Pozzolana) dengan kapur untuk menghasilkan mortar dan beton.

Pozzolana adalah merupakan silikat dan aluminium yang memiliki sedikit ataupun tidak memiliki nilai semen tetapi tetap diperoleh dalam suatu bentuk reaksi kimia.

Davis dan kawan-kawan melakukan penelitian terhadap reaktivitas Fly-ash Kalsium dan Alkali Hidroksida pada pasta semen Portland dan juga kemampuan Fly-ash untuk bereaksi sebagai tindakan pencegahan terhadap reaksi Alkali agregat. Korps Teknik US, Biro reklame, perusahaan perekayasaan Amerika dan yang lainnya, mengakui keuntungan dari Fly-ash di dalam kerja beton serta keuntungan pengurangan temperatur puncak pada beton. Aspek-aspek yang menguntungkan dari Fly-ash adalah pada konstruksi Dam yang besar.

Fly-ash digunakan pada beton untuk berbagai alasan yaitu : dasar ekonomis, perbaikan dan pengurangan temperatur yang meningkat pada beton segar, kemampuan kerja dan kekuatan tekan beton.

Reaksi Fly-ash akan menghasilkan produk yang akan membantu ruang diameter partikel semen yang terhidrasi dalam fraksi pasta semen dari beton sehingga akan mengurangi Permeabilitasnya terhadap air dan zat kimia. Reaksi yang lambat dari Fly-ash merupakan bantuan nyata di dalam pembatasan jumlah panas yang dihasilkan dan temperatur awal yang naik dalam struktur. Penggunaan Fly-ash dalam beton akan menghemat energi melalui pengurangan jumlah semen Portland yang dibutuhkan untuk mencapai sifat-sifat betonyang diinginkan .

## 2.2. Sumber Fly-Ash

Berkaitan dengan penggunaan batu bara untuk pembangkit tenaga listrik, Fly-ash banyak digunakan di negara-negara maju seperti ; Amerika Serikat, Kanada dan banyak lagi negara lainnya.

Fly-ash biasanya dihasilkan melalui pembakaran batu bara yang telah di hancurkan dan digiling sampai mencapai 70% - 80% yang lolos ayakan No. 200. Spesifikasi untuk pemakaian Fly-ash ini di dalam beton diatur dalam ASTM/c – 618, yang mendefinisikan pembagian kelas Fly-ash yaitu kelas F dan kelas C. Dimana Fly-ash kelas F dihasilkan melalui pembakaran Sub-Bituminous Lignite. Pemisahan Fly-ash ke dalam dua kelas ini akan merefleksikan perbedaan di dalam komposisi yang mempengaruhi sifat Pozzolanic.

## 2.3. Komposisi Mineral Dan Kimia Fly-Ash

Fly-ash sangat kompleks di dalam komposisi kimianya. Terdapat kombinasi yang bervariasi dari fase dan kristalnya. Fase pengkristalan memberikan komposisi Fly-ash dan kandungan fisik menjadi dua kelas yakni : Fly-ash kelas F dan Fly-ash kelas C.

Zat-zat kimia tersebut secara khusus tidak berfungsi sebagai oksida. Dari hasil analisa kimia bahan-bahan yang berkenaan dengan unsure oksida, diperoleh : Silika dioksida ( $\text{SiO}_2$ ); Aluminium trioksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); Feri oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ); Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ) dan Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ )

Dari komposisi tersebut ada 3 zat yang terpenting, yaitu :  $\text{SiO}_2$  (25%-60%)  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10%-30%)  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (5% - 25%)

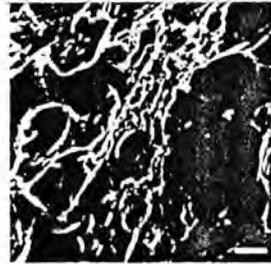
Apabila jumlah ketiga zat tersebut mencapai 70% atau lebih maka Fly-ash tersebut secara teknis dianggap kelas F, apabila kandungan ketiga zat tersebut berkisar 50% maka Fly-ash tersebut digolongkan kelas C.

**Tabel 2.1. Komposisi Kimia dan Bentuk Fisik dari Fly-Ash**

Fly-Ash (No. Referensi)	Komposisi Kimia								Bentuk Fisik		
	LOI	CaO	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MgO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	Tertahan pada saringan No. 325 (%)	Luas bidang permukaan $\text{m}^2$	Berat Jenis
<b>CaO kurang dari 10% (kelas F)</b>											
FA 4 "	1.0	6.7	58.5	19.9	5.6	1.7	1.5	1.3	17	379	2.31
FA 5 "	0.9	0.7	60.1	27.8	3.8	1.0	0.3	2.8	18	262	2.18
FA 7 "	1.8	1.7	56.0	25.7	8.3	1.1	0.3	2.8	22	282	2.28
FA 8 "	2.6	2.4	49.0	21.8	17.9	1.0	0.4	2.7	20	282	2.45
FA 13 "	4.2	1.7	45.0	19.6	23.9	0.9	0.4	2.3	24	236	2.45
FA 14 "	3.0	1.9	47.7	29.5	9.7	0.7	0.3	1.9	28	287	2.30
FA 15 "	2.5	1.3	52.7	28.6	5.8	1.0	0.3	2.4	17	351	2.38
FA 16 "	4.0	1.6	50.6	27.6	8.2	1.0	0.4	2.5	4	508	2.49
FA 17 "	0.4	7.5	49.8	21.6	7.0	1.7	2.8	0.7	24	316	2.27
FA 18 "	4.3	2.2	43.6	26.0	16.6	0.9	0.3	1.9	17	337	2.24
D Precip	7.2	3.2	64.4	24.7	3.9	1.5	-	-	2	-	-
D Mech	3.9	1.0	52.9	30.1	7.3	1.1	0.4	2.9	8	643	2.33
	6.4	1.0	54.9	27.6	10.4	0.9	0.3	2.4	30	333	2.15
<b>CaO lebih dari 10% (kelas C)</b>											
FA 4 "	0.9	25.5	36.3	17.7	6.7	4.6	1.6	0.6	15	417	2.65
FA 2 (a) "	1.9	15.5	38.8	13.4	22.5	1.5	0.5	1.9	16	355	2.74
FA 9 (a) "	0.5	11.6	50.5	17.7	6.6	3.4	3.5	1.2	11	315	2.44
FA 10 (a) "	0.5	28.2	35.9	17.1	5.6	5.1	1.8	0.5	16	390	2.70
FA 11 (a) "	0.4	16.9	51.4	16.9	5.8	3.5	0.6	0.8	21	288	2.52
A	0.4	17.3	35.7	20.3	5.8	4.3	6.5	0.8	11	418	2.67
F	0.7	24.9	23.1	13.3	9.6	7.5	7.3	0.6	12	324	2.86
G'	0.6	11.7	48.9	21.3	3.7	2.7	6.4	0.9	38	318	2.31
P	0.3	29.0	31.1	17.0	5.6	3.8	3.2	0.4	15	604	2.74

LOI = Persen kehilangan

= Loss on ignition



ed pulverized-fuel ash.



Gambar 2.1. Abu Terbang (Perbesaran 2000 kali)

Tabel 2.2. Komposisi Kimia abu terbang ex- Suralaya

Komposisi Kimia	Persentase (%)
Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ )	56,30
Ferri oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	4,12
Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	29,36
Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )	1,84
Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ )	0,85
Sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ )	0,01
Kalsium oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ )	2,05
Natrium oksida ( $\text{NaO}$ )	1,20

### 2.3.1. Fly-Ash Kelas C

Campuran aktif sebagai tambahan pada kalsium, aluminium silikat glass yang ada pada Fly-ash kelas C adalah : Kapur bebas ( $\text{CaO}$ ), Anhydrate ( $\text{CaSO}$ ), Tricalsim Aluminat ( $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Calcium Sulfat Aluminat ( $4\text{CaO}.\text{3Al}_2\text{O}_3.\text{SO}_4$ ) dan yang sedikit ditemukan adalah Kalsium Silikat. Zat aktif penting di dalam Fly-ash kelas C adalah Kalsium Alumina – Silicate Glass.

Kekuatan beton yang mengandung Fly-ash kelas C dipengaruhi oleh semen aluminium silikat glass. Fase kristalisasi memberikan pengeringan dari Fly-ash kelas C.

Fly – ash sering bereaksi secara langsung dengan air dan membentuk semen seperti C – S – H (Kalsium – Silicate – Hidrat )

### 2.3.2. Fly –Ash Kelas F

Fly- ash kelas F mempunyai kandungan, kalsium yang rendah, sebagai ciri khas ialah terdapatnya ukuran yang besar dari silikat glass. Mempunyai kandungan silika yang tinggi di tambah dengan fase kristalisasi yang reaktivitasnya rendah. Fly-ash dengan kandungan kadar kalsium tinggi biasanya terdapat pada batu bara coklat kehitam-hitaman dan batu bara Bituminuos, sedangkan Fly-ash dengan kadar kalsium rendah terdapat pada batu bara aspal.

## 2.4. Kandungan Fisik Fly-Ash

Campuran yang baik sangat dipengaruhi oleh bentuk, fineness (kehalusan ) pendistribusian ukuran partikel, kepadatan dan komposisi partikel Fly-ash, yang mana Fly-ash dihasilkan dari berbagai pabrik pembangkit listrik dengan sumber batu bara yang berbeda akan menghasilkan perbedaan warna-wana pada Fly-ash. Perbedaan warna pada Fly-ash bukan menjadi masalah teknis tetapi dapat menjadi petunjuk perubahan kandungan senyawa yang berhubungan dengan perubahan yang ada di dalam sumber batu bara tersebut.

### **2.4.1 Bentuk, Ukuran dan Sifat dari Patrikel Fly-Ash**

Bentuk, ukuran dan sifat dari partikel Fly-ash tergantung pada sumber ketidakseragaman dari batu bara.

Lane dan Best menyimpulkan bahwa bentuk dari partikel Fly-ash dipengaruhi oleh ukuran partikelnya. Pada umumnya sifat partikel pada Fly-ash seperti kaca (padat) serta berbentuk terbelah dan kosong. Belahan yang kosong disebut Cenospheres. Pada belahan tersebut terdapat partikel yang lebih kecil disebut Pherospheres yang apabila dilakukan penggilingan dengan lebih lanjut dapat mengurangi partikel, memecahkan Cenospheres dan melepaskan partikel yang lebih kecil yang terdapat di dalam Pherospheres. Akan tetapi campuran Fly-ash dan sisa-sisa semen yang digiling terlalu halus dapat mengakibatkan kebutuhan air bertambah.

### **2.4.2. Fineness (Kehalusan) partikel Fly-ash**

Partikel Fly-ash berukuran dari 1  $\mu$  m dan lebih besar dari 1mm. Di pabrik-pabrik tua yang masih menggunakan Mechanical Separators butiran Fly-ashnya lebih kasar jika dibandingkan dengan pabrik-pabrik yang lebih modern yang telah menggunakan Elektrostatic Precipitators (tas pengumpul). Fly-ash cocok digunakan sebagai Pozzolan pada beton yang partikel-partikelnya lolos saringan No. 325 (45  $\mu$ m). Pendistribusian Fly-ash dari sumber yang khusus biasanya tetap konstan bila tidak ada perubahan yang penting pada sumber batu bara. Penggilingan batu bara, proses operasi yang penting pada beton.

### 2.4.3. Berat Jenis Partikel Fly-Ash

Berat jenis dari partikel Fly-ash yang padat berkisar antara 1,97 sampai 3,02 tetapi yang biasa dijumpai antara 2,2 sampai 2,8. Salah satu partikel Fly-ash yaitu Cenospheres sanggup terapung di atas air karena berat jenisnya kurang dari 1,0.

## 2.5 Pengaruh Fly-Ash Pada Beton Segar

Penggunaan Fly-ash pada beton biasanya menyebabkan suatu peningkatan dalam waktu tertentu, baik awal maupun akhir. Biasanya Fly-ash mengurangi jumlah air dalam campuran beton.

Fly-ash akan mempermudah pemanfaatan campuran beton dan operasi penyelesaian pekerjaan (*Workability*). Bagaimanapun, penentuan waktu penyelesaian akan mengalami perubahan akibat perubahan dalam waktu tertentu. Kerasnya beton menyebabkan Fly-ash menggunakan panas dari hydrasi semen Portland untuk memcepat reaksi Pozzolanic dengan demikian akan meningkatkan reaksi Fly-ash di dalam beton dan sekaligus juga mengurangi temperatur puncak yang dihasilkan.

## 2.6 Pengaruh Fly-Ash Dalam Beton Yang Mengeras

Peningkatan kekuatan jangka panjang, melalui reaksi Pozzolanic yang telah dicapai dengan Fly-ash pada beton akan dapat dipertahankan dalam lingkungan yang lembab dan temperatur yang sedang.

Reaksi jangka panjang yang kontiniu dari Fly-ash akan mengurangi ukuran dan spasi pada pasta semen. Penyerapan dan tingkat penyebaran kelembaban serta kimia-kimia agresif di dalam beton akan berkurang sehingga dapat mengurangi kerusakan terhadap serangan sulfat, korosi baja dan reaksi alkali silika.

Pelaksanaan campuran beton yang mengandung Fly-ash tergantung pada faktor yang akan menentukan kualitas dalam beton non Fly-ash.

Factor-faktor ini meliputi :

- a. Sifat – sifat yang bersatu dalam campuran.
- b. Proporsi campuran.
- c. Program jaminan mutu untuk kualitas bahan dan pengawasan mutu yang dilakukan terhadap lapisan beton.
- d. Kualitas tenaga kerjanya di dalam konstruksi beton.
- e. Bagian perawatan.

Aspek yang perlu diperhatikan pada Fly-ash adalah persentase penambahan jumlah Fly-ash pada beton agar mendapatkan penambahan yang sesuai, yaitu; 10% - 20%.

## 2.7 Pengaruh Dari W/C Pada Workability

Sebagaimana diketahui bahwa nilai perbandingan air-semen (W/C) dari beton berpengaruh terhadap porositas beton yang di dapat. Salah satu hasil survey yang

dilakukan oleh "State of New York" bahwa selimut / cover yang sama dan terletak pada lingkungan yang sama, baja tulangan yang terletak pada beton dengan nilai ratio  $w/c = 0,6$  memiliki mutu beton yang lebih rendah dari pada tulangan yang terletak pada beton yang nilai ratio  $w/c = 0,45$  atau  $0,35$ . Didasarkan untuk lingkungan laut agar nilai ratio  $w/c$  yang baik untuk beton adalah sekitar  $0,40 - 0,44$  karena fas mempengaruhi mutu beton.

Workability dapat didefinisikan sebagai jumlah usaha yang diperlukan untuk menghasilkan pemadatan penuh. Definisi ini diberikan oleh Glan Vile, Collins dan Matheus dari The Road Research Laboratory.

Faktor utama yang mempengaruhi Workability campuran adalah banyaknya air dalam campuran, biasanya dinyatakan dalam kilogram air per meter kubik beton. Banyaknya air dibutuhkan campuran beton umumnya dibandingkan dengan semen yang dibutuhkan, disebut dengan Faktor Air Semen (FAS).

Tidak ada cara pengujian yang dapat mengukur Workability secara langsung. Berbagai usaha telah dilakukan untuk menghubungkan Workability melalui usaha fisik yang dapat ditentukan dengan mudah, tetapi tidak ada yang memuaskan walaupun dapat diperoleh informasi yang penting dalam batas variasi Workability.

Beberapa cara pengujian yang dipakai untuk mengukur Workability dari suatu adukan beton, adalah :-Slump Test, Compacting factor (test pemukulan), Veber Test, dan sebagainya.

Yang paling umum digunakan di lapangan adalah Slump Test yang berguna untuk menentukan variasi keseragaman suatu campuran, misalnya ;Thick Plates.

## 2.8 Agregat (Aggregate)

Pada waktu adonan semen campur air mengeras, maka akan menyusut akibat berlangsungnya proses kimia yang menimbulkan panas, sehingga air campuran yang tidak dibutuhkan lagi akan menguap untuk kelancaran proses tersebut. Sebagai akibat dari penyusutan akan terjadi retak-retak pada adonan yang mengeras oleh karena itu perlu diberi bahan penetral dalam campuran/ adonan tersebut. Bila hanya semen saja yang digunakan sebagai bahan bangunan harganya akan menjadi sangat mahal. Untuk mengatasi keberatan-keberatan di atas dapat dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan yang secara alami agar netral, dalam hal ini digunakan agregat.

Dalam campuran beton biasanya agregat menempati sekitar 75% dari volume total beton. Sifat-sifatnya berpengaruh besar terhadap perilaku beton yang mengeras. Menurut kejadiannya agregat dapat berupa agregat buatan. Agregat alami adalah hasil desintegrasi alami batu-batuan misalnya ; kerikil, pasir dan batu pecah (Crusher Stone).

Agregat buatan adalah agregat yang dihasilkan sebagai produk lain umpamanya, hasil pemecahan batu bata, terak lempung, terak dapur tinggi dan lain-lain.

Berdasarkan kekerasan butiran agregat yang dapat digunakan dalam campuran beton dapat dibagi dua jenis yaitu ; Agregat kasar (Coarse aggregate) dan agregat halus (Fine aggregate). Agregat kasar biasa juga disebut pasir yaitu agregat yang butirannya lolos ayakan 3/6" (9,5 mm) dan tertahan di atas ayakan No. 100 (0,063 mm).

### 2.8.1. Agregat Halus (Pasir)

Pasir beton adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirnya sebagian terletak antara 0,075 – 5 mm dan kadar yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5%.

Syarat-syarat yang dipenuhi :

1. Pasir beton harus bersih. Bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir dibanding dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
2. Kandungan yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih dari 5% (kadar lumpur).
3. Angka kehalusan Fine Modulus terletak antara 2, 2-3, 2 bila diuji memakai rangkaian berturut-turut : 0,16; 0,63; 1,25; 2,5; 5; dan 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0,3 mm minimal 15% berat.
4. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
5. Kekekalan terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MgSO}_4$ .
  - Terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$   
Fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat.
  - Terhadap larutan  $\text{MgSO}_4$   
Fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.

## 2.8.2 Agregat Kasar (Batu Pecah)

Batu pecah adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 – 80 mm. Besar butiran maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian.

Syarat – syarat batu pecah untuk beton :

### 1. Syarat Fisik.

- Kekerasan yang ditentukan dengan bejana Rudel Lof yang tidak mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm, lebih dari 32% berat.
- Kadar lumpur maksimum 1% berat.
- Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat terutama untuk beton mutu tinggi.

### 2. Syarat Kimia

- Kekekalan terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  bagian yang hancur maksimum 12% berat, dan kekekalan terhadap  $\text{MgSO}_4$  bagian hancur, maksimum 10% berat.
- Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

## 2.9 Semen (Portland Semen)

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat Adhersif (Adhesive) dan

Kohersif (Conhesive) yang memungkinkan merekatnya partikel-partikel agregat

menjadi massa yang padat. Proses pengikatan ini berlangsung dengan adanya air (Hydration) oleh karenanya semen ini dinamakan semen Hidroulis (Hydraulic cement). Semen Hydraulic biasanya juga disebut semen Portland (Portland cement).

Komponen - komponen utama dari semen Portland adalah batu kapur yang mengandung komposisi CaO (kapur, lime) dan lempung yang mengandung komponen-komponen SiO<sub>2</sub> (silika dioksida), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oksida aluminium) dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (oksida besi). Bahan –bahan tersebut dicampur menurut suatu proses tertentu lalu dipanaskan sampai temperatur ± 1450 °C agar menjadi Klinker. Klinker ini didinginkan kemudian digiling sampai halus dan disertai penambahan gips sebanyak 3 sampai 5%. Gips berfungsi mengendalikan waktu pengikatan semen supaya tidak berlangsung terlalu cepat. Hal ini erat hubungannya dengan waktu yang dibutuhkan pada zat pelaksanaan pengadukan dan pengecoran beton sehingga pada waktu permulaan proses pengikatan awal tidak terlalu sempit dari mortal.

Kwalitas semen sangat dipengaruhi perbandingan banyaknya kapur yang mengandung komponen-komponen Si<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Perbandingan ini biasanya disebut faktor kejenuhan kapur (Lime saturation factor = LSF). Secara umum faktor kejenuhan kapur terletak antara 0,66 dan 1,02. Jika semen mempunyai LSF = 0,66 menunjukkan semen tersebut banyak mengandung Dicalcium silica (C<sub>2</sub>S). Disamping komponen-komponen utama dalam semen terdapat juga bahan-bahan lain dalam jumlah yang sangat kecil, akan tetapi mempengaruhi pula sifat-sifatnya

umpamanya Magnesium oxida ( $MgO$ ), Sulfur anhidrite ( $SO_3$ ), Alkali ( $Na_2O$ ) dan Kalsium oxida ( $K_2O$ ) dan sebagainya.

Berdasarkan komposisi kimia yang dikandung semen Portland ditentukan jenisnya dengan menentukan perbandingan silica ratio (SR) dan Alumina ratio (AR).

$$SR = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} \quad (3.1)$$

Nilai Sr menyatakan kadar silika yang dikandung semen pada umumnya nilai rata-rata sekitar 2 sampai 2,5.

$$AR = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (3.2)$$

Nilai Ar untuk semen Portland adalah 2, bila terdapat nilai lebih kecil dari 2 menunjukkan bahwa jenis semen tersebut tahan terhadap sulfat sedangkan untuk nilai lebih besar terdapat pada semen putih Portland (SP) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus Klinker, yang terdiri terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dibagi dalam 5 jenis sebagai berikut :

Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya dimana tidak diminta persyaratan ukuran seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lainnya.

Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila diisyaratkan agar tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

Jenis III : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat..

**Adapun yang menjadi sifat-sifat semen yang terdiri dari :**

a. Warna

Semen Portland tanpa tercampur bahan-bahan lain, berwarna abu- abu kehijauan dan setelah membatu menjadi abu-abu kebiruan.

b. Berat Jenisnya

Semen Portland dalam keadaan membatu mempunyai berat jenis yang berlainan, tergantung kepada kadar kapurnya dan ketelitian waktu pembuatannya. Umumnya berat/jenisnya 3,12 - 3,25 dan angka -- angka in lebih tinggi dari pada berat jenis bahan-bahan ikat lain.

c.

### Pengikatan

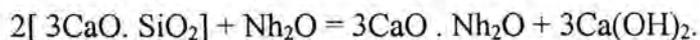
Tepung semen Portland yang dicampur dengan air sehingga menjadi seperti bubur, akan menjadi keras didalam waktu tertentu. Perubahan ini merupakan suatu reaksi antara senyawa-senyawa semen dengan air, yang menyebabkan adanya pengikatan dan proses pengerasan semen . Tidaklan dapat dilukiskandengan pasti reasi-reaksi kimianya yang terjadi hanya dalam hal ini berlaku sebagai pengikat dan penghidrolisasi.

Reaksi hidrasi merupakan suatu reaksi pengikatan air itu secara kimia dengan suatu senyawa, hingga terbentuk senyawa hidrat berupa kristal, misalnya Alumina-Air Kalsium bereaksi cepat sekali dengan air berbentuk hidrat dari senyawa tersebut.



Reaksi hidrolisasi adalah suatu reaksi pemecahan garam dengan air menjadi asam dan basa. Reaksi hidrasi dari silikat trikalsium adalah yang mungkin sekali mula-mula menyebabkan pengikatan dari semua silikat- trikalsium bereaksi lebih lambat dari pada aluminium trikalsium dari reaksi silikat trikal semen ini, selain terjadi suatu reaksi hidrasi, pun terjadi reaksi hidrilisa. Senyawa-senyawa yang terjadi sukar sekali di identifikasikan, oleh karena itu sukar diketahui dengan pasti reaksi-

reaksi mana yang terjadi. Reaksi dibawah ini melukiskan suatu reaksi hidrolisa yang terjadi pada silikat-trikalsium.



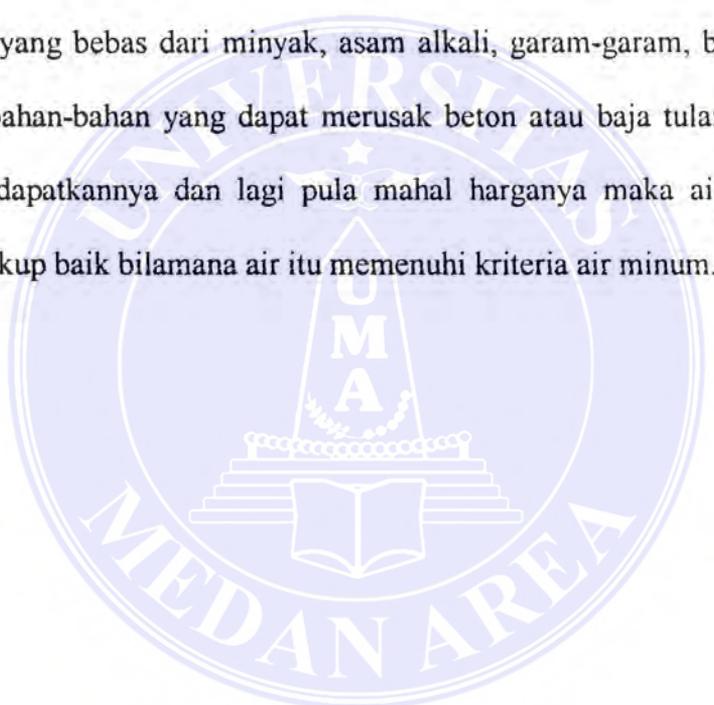
Reaksi ini menyebabkan pengerasan dari semen yang berlangsung pada hari-hari permulaan pengikatannya (pengerasannya). Reaksi kimia tersebut tidak memperlihatkan atau menjelaskan percobaan-percobaan fisika dari benda yang mengeras dan pengerasan ini dapat dijelaskan menurut dua buah teori.

Teori pertama atau teori lama menyatakan bahwa pengerasan itu terjadi karena terbentuknya kristal-kristal dari semen. Teori kedua atau teori Modren didasarkan atau sifat-sifat koloid dari campuran air dengan semen, serta molekul-molekul air akan menyelubungi butir-butir itu kemudian merupakan benda-benda yang menyerupai selai dan dinamakan jel. Jel ini berlaku sebagai bahan ikat antara butir-butir dan mantel air ini lambat laun akan berkurang dan berubah menjadi lapisan yang hanya sedikit atau tidak mengandung air selama proses pengerasan berlangsung.

Hal demikian itu adalah suatu sifat yang umum dari jel dan ada pula alasan-alasan yang cukup kuat, bahwa sifat-sifat larutan koloid memegang peranan penting pada pengikatan dan pengerasan dari semen. Dengan demikian dapatlah ditarik kesimpulan, bahwa proses pengerasan terjadi, karena kristalisasi maupun pembentukan jel itu.

## 2.10 Air

Jarang sekali kita menaruh perhatian terhadap mutu air yang akan dipergunakan untuk campuran beton dan perawatannya. Tujuan utama penggunaan air dalam campuran beton ialah agar supaya terjadi hydrasi reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah beberapa jam. Agar mendapatkan kesempurnaan proses hydrasi dalam campuran beton digunakan air bersih atau air yang bebas dari minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan atau organis dan bahan-bahan yang dapat merusak beton atau baja tulangan, tetapi karena sukar mendapatkannya dan lagi pula mahal harganya maka air campuran beton di anggap cukup baik bilamana air itu memenuhi kriteria air minum.



## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Pengaruh Komposisi dan Zat Kimia

Kalsium, Silika, Alumina dan zat besi merupakan bahagian dari komposisi kimia Fly-ash dan semen. Kalsium bisa di dapat dari bahan-bahan kapur seperti batu kapur, marmar, kapur koral dan cangkang keong, sedangkan silika, alumina dan zat besi bisa ditemukan pada batu lempung atau shale, silika juga dapat ditemukan pada pasir alumina pada bauksit sedangkan oksida besi pada iron atau baja besi.

Proporsi dari zat-zat pencampur tersebut yang membedakan sifat-sifat dari pada serien dan Fly-ash.

Senyawa kimia utama pada semen adalah  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  dan  $C_4AF$ . Persentase dari senyawa kimia utama diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_3S &= 4,07 (\% CaO) - 7,60 (\% SiO_2) - 6,72 (\% Al_2O_3) \\
 &\quad - 1,43 (\% Fe_2O_3) - 2,85 (\% SO_3) \\
 C_2S &= 2,87 (\% SiO_2) - 0,754 (\% C_3S) \\
 C_3A &= 2,65 (5 Al_2O_3) - 1,69 (\% Fe_2O_3) \\
 C_4AF &= 3,04 (\% Fe_2O_3)
 \end{aligned}$$

Table 3.1. Persentase dari komposisi dan kadar senyawa kimia semen Portland. <sup>(12)</sup>

	Biasa	Pengerasan cepat	Panas rendah	Tahan Sulfat
<b>Analisa</b>				
Kapur	63.1	64.5	60.0	64.0
Silikat	20.6	20.7	22.5	24.4
Alumina	6.3	5.2	5.2	3.7
Besi oksida	3.6	2.9	4.6	3.0
<b>Senyawa Kimia</b>				
Trikalsium Silikat (C <sub>3</sub> S)	40	50	25	40
Dikalsium Silikat (C <sub>2</sub> S)	30	21	45	40
Trikalsium Aluminat (C <sub>3</sub> A)	11	9	6	2
Senyawa Besi (C <sub>4</sub> AF)	11	9	14	9

rumus kimia : C = CaO; S = SiO<sub>2</sub>; A = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; F = Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan. Kadar kapur tinggi tapi tidak berlebihan, cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat.

Silika membentuk sekitar seperlima, sedangkan alumina hanya ada sekitar seperduabelas dalam semen. Silika dalam kadar tinggi, yang biasanya disertai alumina dengan kadar rendah, menghasilkan semen dengan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi, dan meningkatkan ketahanan terhadap agresi kimia. Bilamana

terdapat keadaan sebaliknya, alumina pada kadar tinggi dan pada silika pada kadar rendah, semen mengikat dengan cepat dan kekuatan tinggi .

Besi oksida memberi warna abu- abu pada semen magnesium dibatasi sampai 4% , jumlahnya yang lebih banyak, kurang baik pada semen.

Kandungan belerang bisa diperhitungkan sebagai “Sulphuric anhydride “ ( $SO_3$ ) serta dibatasi 2,5 atau 3%, tergantung apakah Tricalcium aluminate berkadar lebih atau kurang dari 7%. Bila jumlahnya berlebihan, kurang baik.

“ Alkali “Soda “ dan potash “ biasa hilang melalui cerobong asap, ketika semen dibakar, dan hanya terdapat dalam jumlah kecil dalam semen jadi. Dengan alasan apapun, bilamana jumlahnya berlebihan, akan terjadi pemekaran, serta menambah resiko rusak, karena reaksi agregat dengan alkali.

Ketika semen dicampur dengan air, timbulah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Pada tingkat awal, sejumlah kecil dari “Retarder” (Gyps) cepat terlarut dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi kimia lain yang sedang mulai. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat macam yang paling penting yaitu :

(1) . Tricalcium Aluminate (tiga molekul kapur terikat pada satu alumina)  $C_3A$

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi; paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air-tanah; dan tendensinya sangat besar untuk retak-etak, oleh perubahan volume.

Dalam kenyataannya, pengikatan dan pengerasan berhenti segera setelah beton menjadi kering.

Dengan demikian senyawa kimia dari pada Fly-ash adalah sama persis dengan senyawa yang dikandung semen, maka inilah yang menyebabkan antara Fly-ash dan semen dapat bereaksi dengan baik selama proses pengikatan berlangsung, namun demikian proporsi senyawa yang dikandung semen berbeda dengan senyawa yang di kandung Fly-ash ini dapat di lihat pada table 3.2.



(2). Tricalcium Silikat (tiga molekul kapur pada satu silikat)  $C_3S$ .

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam, dengan melepaskan sejumlah panas. Kwantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama.

(3). Dicalcium Silikat (dua molekul kapur pada satu silikat)  $C_2S$ .

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap perogres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Semen yang mempunyai proporsi dicalcium silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering yang relatif rendah, oleh karenanya, merupakan semen portland yang paling awet.

(4). Tetra calcium Aluminoferrite (empat molekul kapur pada satu alumina dan satu besi oksida)  $C_4AF$ .

Adanya senyawa aluminoferrite kurang penting karena tidak tampak pengaruhnya kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Reaksi – reaksi kimia yang dilukiskan diatas, berlangsung pada formasi suatu campuran “gel” dan kristal dari larutan semen dengan air, dimana timbul adhesi dan daya tarik phisik satu dengan lainnya dan terhadap agregat, secara berangsur-angsur saling ikat dan mengeras menghasilkan beton.

Penting untuk dicatat disini bahwa pengikatan dan pengerasan adalah reaksi kimia dimana air memegang peranan penting, bukan hanya masalah pengeringan.

Tabel 3.2. Komposisi Kimia Semen Portland dan Fly-Ash. <sup>(6)</sup>

%	Semen Portland	Fly - Ash
CaO	54 – 66	2 – 7
SiO <sub>2</sub>	18 – 24	40 – 55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 – 7	20 – 30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 – 6	5 – 10
MgO	0,1 – 4,0	1 – 4
SO <sub>3</sub>	1 – 4	0,4 – 2,0
Na <sub>2</sub> O	0,2 – 1,5	1 – 2
K <sub>2</sub> O	0,2 – 1,5	1 – 5

Pada semen ada 4 senyawa kimia yang memegang peranan penting yaitu :

CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Dari persentase yang di kandung oleh senyawa masing-masing semen dan Fly-ash dapat dilihat senyawa mana pada Fly-ash yang mengakibatkan :

1. Kecepatan reaksi dengan air
2. Sumbangan terhadap kekuatan awal
3. Sumbangan terhadap kekuatan akhir
4. Panas hidrasi
5. Reaksi alkali agregat dan lain-lain.

Fly- ash juga akan mengefisienkan produk hidrasi semen Portland yaitu :

1. Larutan Kalsium dan Alkali Hidroksida yang terdapat dalam struktur pasta semen.
2. Panas yang naik akibat hidrasi dari semen Portland dan faktor-faktor yang penting di dalam memulai reaksi Fly-ash.

Pelaksanaan campuran beton yang mengandung Fly-ash tergantung pada faktor yang akan menentukan kualitas dalam beton normal.

Faktor-faktor ini meliputi :

- a. Sifat-sifat yang menyatu dalam campuran.
- b. Proporsi campuran.
- c. Program jaminan untuk kualitas bahan dan pengawasan mutu yang dilakukan terhadap hasil beton.
- d. Kualitas tenaga kerja di dalam konstruksi beton.
- e. Bagian perawatan.

Aspek yang perlu diperhatikan pada Fly-ash adalah persentase penambahan jumlah Fly-ash pada beton agar mendapatkan pemasukan yang sesuai yaitu :10 – 20%.

### **3.2. Pengaruh Faktor Air Semen (w/c)**

Selain teknik/ analisis untuk mendapatkan formulasi beton mutu tinggi, maka juga tidak kalah pentingnya satu kriteria lain dalam pembuatan benda uji dari beton mutu tinggi yang perlu diperhatikan adalah kelecakan/Workability dari hasil campuran beton. Agar beton segar yang didapat tersebut dapat dengan mudah dibentuk menjadi elemen struktur. Biasanya beton mutu tinggi ini diperoleh pada nilai ratio w/c atau faktor air semen yang cukup rendah sehingga beton yang didapat tidak mudah dibentuk atau justru elemen struktur yang didapat menjadi keropos. Untuk mencegah hal ini apa yang biasa dilakukan adalah dengan menambah suatu jenis bahan/Admixture pada campuran beton dengan tujuan untuk meningkatkan kelecakan beton segar yang didapat. Akibat pemakaian Admixture ini dengan kadar yang optimal, maka beton yang didapat mempunyai performansi yang tinggi. Mikrostruktur dari beton mutu tinggi ini mempunyai tingkat porositas yang cukup kecil, permeabilitas yang rendah sehingga body dari beton dapat lebih tahan terhadap segala jenis serangan dari luar.

### **3.3. Pengaruh Kehalusan Penggilingan**

Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen ialah komposisi kimiawi, sesudahnya baru faktor dominan lain yaitu kehalusan penggilingan.

Penggilingan yang lebih halus mempercepat reaksi dari bermacam-macam bahan pembentuk semen dengan air, tetap tidak merubah sifat-sifatnya yang Inherent (tidak dapat dipisahkan). Pada tahun-tahun terakhir ini terdapat kecenderungan untuk menggiling semen sampai sehalus mungkin agar dihasilkan kekuatan tinggi pada umur awal sebagai contoh pengembangan ini ialah semen Portland yang cepat mengeras.

Kehalusan penggilingan penting dalam hubungannya dengan kemudahan pengerjaan adukan beton. Adanya anggapan bahwa, peningkatan kehalusan semen berakibat pengurangan perbandingan air-semen yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi tertentu, mulai diragukan kebenarannya, kemudian diterapkan bahwa kehalusan memperbesar daya kohesi adukan beton. Selanjutnya kehalusan dapat mengurangi "Bleeding", yaitu naiknya sejumlah air kepermukaan beton.

Retak-retak yang disebabkan penyusutan suhu awal ada hubungannya dengan kecepatan penambahan kekuatan beton, dan pada umumnya semen yang cepat menjadi lebih kuat lebih cenderung untuk retak. Usaha memperhalus semen tertentu mempercepat peningkatan kekuatannya, dan dengan demikian secara tak langsung, memperbesar resiko retak dari formasi ini. Penyusutan terutama disebabkan oleh penurunan suhu kepada keadaan sekitarnya, yang kemudian meningkat lagi karena evolusi pembebanan panas hidrasi.

Dikarenakan ukuran partikel dari Fly-ash dapat mencapai  $1 \mu m$ , sehingga dibandingkan dengan semen jauh lebih halus. Maka dengan demikian Fly-ash dapat

mengurangi kandungan udara yang ada pada beton. Karena udara yang terdapat pada beton dapat mengurangi mutu dari beton jika jumlahnya melebihi dari persyaratan yang telah ditentukan.

Disamping itu juga oleh karena tekstur abu terbang atau Fly-ash yang relatif bundar dapat memperkecil pori-pori kapiler dan pori-pori antara gel sifat inilah yang dapat mempertinggi tingkat kekedapan dari beton sehingga Fly-ash banyak digunakan pada proyek-proyek pembuatan bendungan atau dam yang besar. Disamping itu kehalusan dari partikel Fly-ash akan mempermudah pemanfaatan campuran beton dari operasi penyelesaian pekerjaan.

### 3.4. Perencanaan Campuran Beton

Seperti telah diuraikan, beton merupakan campuran semen, pasir, kerikil dan air. Proporsi dari unsur pembentuk ini harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga terpenuhi syarat-syarat :

- I. Kekenyalan tertentu yang memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan / Baking (Workability) dan kehalusan muka (Finisability) beton basah, yang ditentukan dari :
  - a. Volume pasta adukan
  - b. Keenceran pasta adukan
  - c. Perbandingan campuran agregat

2. Kekuatan rencana dan ketahanan (Durability) pada kondisi beton setelah mengeras.
3. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

Untuk tujuan menentukan proporsi bahan-bahan pembentuk beton, dikembangkan berbagai metode secara empiris berdasarkan hasil-hasil percobaan adukan beton yang pernah di buat. Dalam hal ini digunakan perencanaan campuran beton dengan metode modifikasi ACI.

Sebelum sampai pada penentuan proporsi bahan-bahan pembentuk beton pertama-tama diadakan penelitian laboratorium yakni menyelidikan sifat-sifat fisik material penyusun beton yang terdiri dari :

- a. Kadar air
- b. Berat isi
- c. Berat jenis
- d. Analisa saringan
- e. Pengujian kehalusan agregat dengan mesin Los-Angles
- f. Pemeriksaan kotoran organik dan kadar lumpur

Seperti yang terdapat pada hal lampiran.

Prosedur perencanaan adukan dengan metode ini terdiri atas beberapa tahap pekerjaan :

1. Menetapkan konsistensi beton dengan Slump rencana.
2. Menetapkan ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan sesuai dengan jenis konstruksi.

3. Berdasarkan nilai Slump dan agregat rencana, penentuan jumlah air yang diperlukan untuk setiap  $m^3$  beton dan persentase udara yang terperangkap, mengacu pada tabel 11.
4. Dari dua penentuan nilai w/c ratio, yang masing-masing diperoleh atas batasan sifat ketahanan beton terhadap lingkungan (tabel 7) dan atas kekuatan rencana beton (tabel 8), gunakan nilai w/c ratio yang bernilai lebih kecil bagi perencanaan. Selain menggunakan nilai-nilai yang tercantum pada kedua tabel diatas, gambar 4 dapat digunakan untuk menghitung nilai w/c.
5. Jumlah semen dihitung dengan membagi besaran jumlah air yang diperoleh pada langkah 3 dengan nilai w/c ratio :

$$\text{Jumlah semen} = \frac{\text{Jumlah air}}{\text{FAS}}$$

6. Dengan besaran diameter maksimum agregat besar dan nilai modulus kehalusan agregat halus rencana, berdasarkan tabel 12 ditetapkan persentase volume agregat kasar/ $m^3$  beton. Berat total agregat kasar yang digunakan diperoleh dari perkalian persentase volume dengan satuan berat agregat.
7. Volume agregat halus dihitung dari selisih volume total beton dengan (volume semen + volume agregat kasar + volume air + volume udara + volume udara yang terperangkap). Dengan diketahuinya nilai spesifik gravity agregat halus, berat agregat halus dapat dihitung.

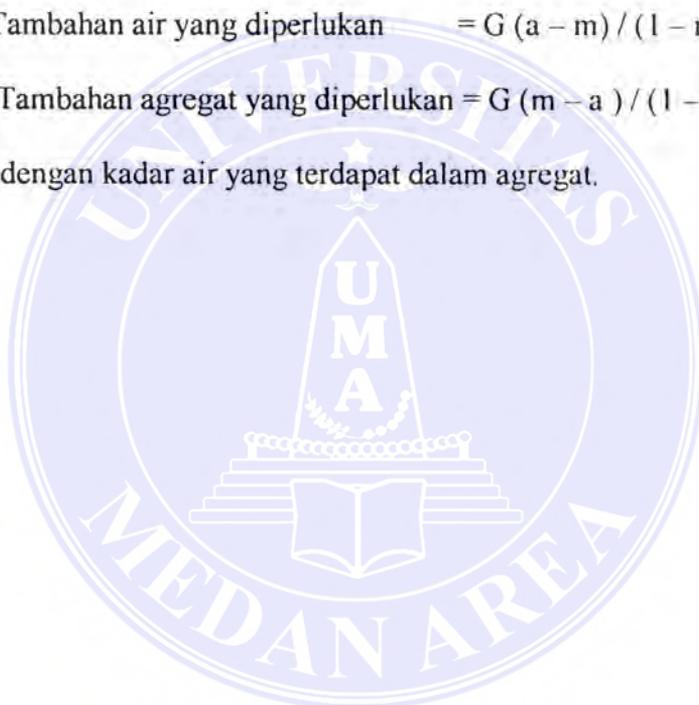
8. Jumlah unsur adukan untuk jumlah kubikasi beton tertentu dihitung atas dasar jumlah yang diperlukan pada saat pengecoran.
9. Untuk kondisi lapangan, modifikasi bagi konsistensi w/c ratio disesuaikan dengan sifat bahan.

Jika G merupakan berat bahan rencana yang diperoleh dari tabel-tabel, m adalah persentase kadar kelembaban bahan dilapangan dan a adalah persentase kemampuan absorpsi dilapangan maka :

a. Tambahan air yang diperlukan  $= G (a - m) / (1 - m)$

b. Tambahan agregat yang diperlukan  $= G (m - a) / (1 - m)$

10. Koreksi dengan kadar air yang terdapat dalam agregat.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan fly-ash kedalam adukan beton mengakibatkan penurunan nilai slump dari adukan beton dimana semakin besar penambahan kadar fly-ash semakin besar pula penurunan nilai slump beton tersebut.
2. Penambahan fly-ash yang optimal sebesar 15% kedalam adukan beton normal dapat menaikkan kuat tekan beton, sesudah umur 28 hari (> 28 hari).

#### 6.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik perlu dilakukan beberapa langkah berikut :

1. Untuk penelitian-penelitian selanjutnya supaya dilakukan :
  - Penggunaan ukuran agregat max yang lebih kecil, agar penyebaran fly-ash lebih merata.
  - Penambahan kadar fly-ash yang lebih bervariasi.

2. Untuk penelitian selanjutnya supaya fly-ash yang ditambahkan dianggap sebagai salah satu material ( semen ), sehingga diperhitungkan dalam perencanaan campuran beton.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk meninjau aspek ekonomi dalam praktek sehingga dapat dipenuhi informasi sampai sejauh mana penambahan fly-ash dalam adukan beton masih menguntungkan dibandingkan beton tanpa fly-ash.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Munaf, D.R ; Besari, S M; Sugeng, Bambang, Ismanto; Hanafiah “ Penyelidikan Sifat Mekanis Abu Terbang Limbah Padat Hasil Pembakaran Batubara Untuk Menghasilkan Beton Mutu Tinggi Terhadap Tarik Dan Tekan”, Laboratorium Struktur Dan Bahan Jurusan Sipil FTSP ITB, 1992.
2. Yati S. Hidayat; Zulkarnaen Aksa; Randing; Lasino “ Pengaruh Pemakaian Abu Terbang (Fly-Ash) ”, Jurnal Penelitian ISSN 0215-0778 Vol. III No. 11-12 halaman 2.
3. Lubis, A.E; “ Pemamfaatan Limbah PLTU PT PLN Sektor Ombilin Dengan atau Tanpa Pasir untuk Pembuatan Bahan Bangunan “, Jurnal Pemukiman ISSN 0215-0778Vol.16 No.3 halaman 21.
4. Besari, S.M; Munaf, D,R; Hanafiah “ The Effect of Fly-Ash and Strength of Coarse Aggregate of Concrete”, confrence of Concrete and Structure, 25-27 August, 1992, Singapore ISBN 981-00-3385-0 Vol. XI halaman 25.
5. “ Use Of Fly- Ash in Concrete Reported “ by ACI COMMITTE 226.3R-87.
6. Ashby, J.B; “ Fly-Ash and Its Use In Concrete “, Concrete Institute of Australia, current Practice Note 22 November, 1990.
7. Udin, M.; Korelasi Antara Sifat-sifat Beton Terhadap Kadar Abu Terbang sebagai Pengganti Semen”, Teknik Sipil – Struktur, Program Pasca Sarjana ITB, 1994.

8. Antono, A. Ir. Prof.; “ Beton “, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru – Besar Ilmu Bahan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Univ. Gajah Mada; 19 Agustus 1969.
9. “ Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium “, Departemen Pekerjaan Umum Diterbitkan Oleh Yayasan LPMB, Bandung SKSNI M-62-1990-03.
10. “ Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal “, Departemen Pekerjaan Umum Diterbitkan Oleh Yayasan LPMB, Bandung SKSNI T-15-1990-03.
11. Lubis, A.E. ST; Taviana, D.Ir; “ Praktikum Beton Berdasarkan Metode Perancangan Campuran Beton Menurut SKSNI T-15-1990-03 ”, Loka Perintisan Bahan Bangunan Lokal Medan.
12. Neville, A.M; Brooks, J.J; (1989) “ Concrete Technology “, John Willey and Son, New York.
13. Segel ,R; Vole, P; “ Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 “, Penerbit Erlangga Jakarta.
14. Arifin, Z. Ir. MSc; “ Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton “, Univ Medan Area.
15. Lamond, Yoseph F; “ Twenty Five Years Experience Using Fly-Ash In Concrete “, Research Report on the U.S. Army Corps of Engineers Washington D.C halaman 47.

16. Owen, Philip L; “ Fly-Ash and Its Usage In Concrete View Point Publication- Cement and Concrete Assocciation “, London Concrete July 1979, halaman 21.
17. Hasibuan, M.D, Ir; “ Pengaruh Penambahan Fly-Ash Terhadap Beton Normal, Teknik Sipil - Struktur ,Univ.HKBP Nommensen,1997.
18. Lubis,A.S,S.T ; “Pengaruh Penambahan Abuterbang Batubara Terhadap Kuat Tarik Beton , Teknik Sipil –Struktur, Universitas Medan Area,2000.

