

# TESIS

## PEMANFAATANSEMEN BIOTEK UNTUK PEKERJAAN BETON K-250

*UTILIZATION OF BIOTECH CEMENT  
FOR WORK OF CONCRETE K 250*

**MUHAMMAD SYARIF**  
P3 200 211 405



**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**PEMANFAATANSEMEN BIOTEK  
UNTUK PEKERJAAN BETON K-250**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi  
Teknik Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD SYARIF**

Kepada

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhammad Syarif  
Nomor mahasiswa : P3200211405  
Program studi : Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 Juni 2013

Yang menyatakan

Muhammad Syarif

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis Pemanfaatan Semen Biotek Untuk Pekerjaan Beton K – 250 dapat penulis diselesaikan.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari penulis untuk memanfaatkan limbah menjadi hal yang lebih berguna bagi kehidupan masyarakat. Pada kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr. Ir. Victor Sampebulu', M eng, selaku ketua komisi penasihat sekaligus sebagai ketua program studi arsitektur Unhas, bapak Dr. Eng. Nasruddin, ST.MT, sebagai anggota komisi penasihat. Demikian juga ucapan terimakasih kepada Ibu Prof. DR. Hj. Masrurah Muchtar selaku Rektor Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar, kepada Prof. DR. Ir. Syahnur Said, Msi, selaku Wakil Rektor I UMI yang telah memberikan rekomendasi Beasiswa Unggulan Dikti sehingga kami dapat menyelesaikan studi Program Pasca Sarjana Teknik Arsitektur pada Universitas Hasanuddin. Ucapan terimakasih juga penulis ucapkan kepada rekan-rekan mahasiswa Program Pasca Sarjana Jurusan Teknik Arsitektur Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan moril.

Makassar, 20Juni 2013

Muhammad Syarif

## ABSTRAK

MUHAMMAD SYARIF. *Pemanfaatan Semen Biotek untuk Pekerjaan Beton K 250* (dibimbing oleh Victor Sampebulu dan Nasruddin)

Peningkatan kebutuhan akan perumahan maupun infrastruktur lainnya secara otomatis menuntut kebutuhan akan bahan bangunan yang semakin meningkat pula. Peningkatan kebutuhan bahan bangunan harus disikapi dengan pemanfaatan dan penemuan bahan bangunan yang mampu memberikan alternatif kemudahan pekerjaan. Biotek semen merupakan salah satu alternatif yang terfikirkan oleh peneliti dalam kaitannya terhadap usaha pemanfaatan limbah industri, limbah rumah tangga dan mendaur ulang sampah yang pada umumnya tidak lagi termanfaatkan oleh manusia. Melalui kajian ekperimental terhadap pemanfaatan tanah mediteren, limbah sekam padi, limbah ampas tebu dan limbah sampah organik maka peneliti telah menemukan senyawa-senyawa kimia yang menyerupai senyawa pada semen portland/pcc pada umumnya.

Dari hasil pengelolaan diperoleh kandungan semenbiotek berupa CaO sebesar 65,36%, SiO<sub>2</sub> 18,84%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,33%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2,29 %, SO<sub>3</sub> 3,64%, MgO 1,35%, C<sub>3</sub>S 66,72%, C<sub>2</sub>S 3,98%, C<sub>3</sub>A 12,9%, C<sub>4</sub>Af 24,75% senyawa-senyawa kima tersebut didapatkan dari hasil uji analisis kimia biotek semen. Selanjutnya sebagai rangkaian uji kelayakan peneliti melakukan uji fisis berupa kehalusan butiran, berat jenis dan berat isi, waktu ikat awal dan waktu ikat akhir, konsistensi normal, berat volume, berat unit beton segar per m<sup>3</sup>, kandungan udara dan bleeding. Pengujian kuat tekan serta kuat tarik belah dalam bentuk silinder beton ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan mutu kuat tekan rencana K-250. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan metode water curing dan dry curing pada umur beton 3,7,14,21 dan 28 hari. Pengujian kuat tarik belah pada umur beton 28 hari. Dari hasil uji tekan diperoleh 5,00 Mpa pada metode water curing dan 6,10 Mpa pada metode dry curing sedang uji tarik sebesar 0,61 Mpa pada metode water curing dan 0,96 Mpa pada metode dry curing. Perbandingan yang digunakan dalam uji kelayakan biotek semen baik secara fisis maupun secara kimiawi adalah semen dari jenis Portland Composit Cement (pcc).

## ABSTRACT

MUHAMMAD SYARIF. *utilization of biotech cement for work of concrete k 250*  
(supervised by Victor Sampebulu and Nasruddin)

Increase demand of housing and other infra-structures will automatically demanded the necessity of the building materials which also increased. The necessity increase of the building materials had to be faced by the utilization and discovery of the building materials, which could provide the ease of alternative employment. The biotech cement represented one of the alternatives thought by the researchers in relation to the utilization of industrial waste, household waste and recycling of the waste which in general is no longer utilized by the human beings. Through the experimental study on the utilization of mediteren land, husk rice waste, bagasse waste, organic garbage waste, the researchers had found the chemical compounds which were similar with the compounds in portland cement / pcc in general.

The results of the processis obtained the biotech cement content in the form of CaO as much as 65.36%, SiO<sub>2</sub> 18.84%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6.33%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.29%, SO<sub>3</sub> 3.64%, MgO 1.35%, C<sub>3</sub>S 66.72%, C<sub>2</sub>S 3.98%, C<sub>3</sub>A 12.9%, C<sub>4</sub>Af 24.75%. The chemical compounds are obtained from the test results of biotech cement chemical analysis. Moreover, as the series of feasibility test, the researchers carry out the physical tests in the form of grain fineness, density and bulk density, initial timing belt, final timing belt, normal consistency, volume weight, fresh concrete unit weight per m<sup>3</sup>, air content and bleeding. Testing of compressive strength and split tensile strength in the from of concrete cylinder of the diameters of 15 cm and 30 cm high with compressive strength with quality of K-250 (20.75 MPa). The compressive strength testing is conducted by the water curing and dry curing methods in the concrete ages of 3,7,14,21 and 28 days. The split tensile strength testing of the concrete is carried out in the age of 28 days. From the results of the compressive test, it is obtained 5.00 Mpa on the water curing method and 6.10 MPa on the dry curing method, Whereas the tensile test is 0,61 MPa on the water curing method and 0,96 MPa on the dry curing method. The comparator used in the feasibility test of the biotech cementis either physically or chemically the cement from the type of Portland Composite Cement type (pcc).

# TESIS

## PEMANFAATAN SEMEN BIOTEK UNTUK PEKERJAAN BETON K-250

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD SYARIF**

Nomor Pokok P3200211405

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada Tanggal 27 Juni 2013

Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

**Menyetujui**  
**Komisi Penasihat**

**Dr. Ir. Victor Sampebulu, M Eng**  
**K e t u a**

Ketua Program Studi  
Jurusan Arsitektur

**Dr. Eng. Nasruddin, ST.MT**  
**Anggota**

Direktur Program Pasca Sarjana  
Universitas Hasanuddin

**Dr. Ir. Victor Sampebulu, M Eng**

**Prof. Dr. Ir. Mursalim**

## DAFTAR ISI

<i>Prakata</i> .....	<i>iv</i>
<i>Abstrak</i> .....	<i>v</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>vi</i>
<i>Daftar Isi</i> .....	<i>vii</i>
<i>Daftar Tabel</i> .....	<i>viii</i>
<i>Daftar Gambar</i> .....	<i>ix</i>
<i>Daftar Lampiran</i> .....	<i>x</i>
Bab I Pendahuluan .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	8
C. Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	8
D. Tujuan Penelitian .....	9
E. Manfaat Penelitian .....	9
F. Sitematika Pembahasan .....	9
Bab II Tinjauan Pustaka .....	11
A. Limbah Ampas Tebu .....	11
B. Limbah Sekam Padi .....	14
C. Sampah Organik .....	15
D. Tanah Mediteren .....	18
E. Semen Portland .....	20
1. Jenis dan Tipe-Tipe Semen Portland .....	25
2. Komposisi Semen Portland .....	28



3.	Komposisi Bahan Semen Portland .....	30
4.	Proses Pembuatan Semen Portland .....	34
5.	Langkah Utama Proses Pembuatan Semen Portland .....	38
6.	Sifat – Sifat Kimia Semen Portland .....	39
F.	Pengujian Mutu Beton .....	42
1.	Pengukuran Kuat Tekan (Compressive Strength) .....	44
2.	Pengukuran Kuat Tarik ( Splitting Test) .....	46
G.	Tinjauan Penulisan Terdahulu.....	47
H.	Hipotesis Penelitian .....	49
I.	Kerangka Pemikiran .....	50
J.	Kerangka Penelitian .....	51
K.	Defenisi Operasional.....	52
Bab III Metode Penelitian.....		55
A.	Waktu dan Wilayah Penelitian.....	55
B.	Jenis Penelitian .....	57
C.	Populasi dan Sampel.....	57
D.	Variabel dan Indikator .....	60
E.	Intrumentasi Penelitian .....	60
F.	Metode/Teknik Pengujian Sampel .....	61
1.	Pemeriksaan Kekuatan Tekan Beton .....	61
2.	Pemeriksaan Kekuatan Tarik Beton .....	64
G.	Metode/Teknik Pengumpulan Data.....	68
1.	Pengumpulan Data Primer .....	68
2.	Pengumpulan Data Sekunder.....	68
H.	Metode Analisis Data .....	68
I.	Proporsi Campuran / Mix Design .....	69

Bab IV Pelaksanaan Pengujian Bahan.....	70
A. Pengujian Unsur Kimia Biotek Semen.....	70
B. Mix Design .....	70
C. Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Beton Benda Uji .....	71
D. Sifat Fisis Semen Biotek dan Semen Portland / PCC .....	71
E. Pengujian Sifat Fisis Semen Biotek dan Semen Portland / PCC .....	73
1. Pemeriksaan Semen Biotek dan Semen PCC .....	73
a. Berat Jenis .....	73
b. Kehalusan .....	75
c. Konsistensi Normal .....	76
d. Waktu Katut Awal dan Akhir .....	79
e. Berat Volume .....	81
2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat .....	82
a. Pemeriksaan Agregat Kasar .....	83
b. Pemeriksaan Agregat Halus .....	93
F. Pembuatan Benda Uji Beton Selinder .....	104
G. Pengujian Slump .....	108
H. Berat Isi Beton Segar .....	111
I. Perawatan Beton Sampel Benda Uji (Curing) .....	110
J. Pengamatan dan Pengujian Sampel Beton .....	115
1. Pengujian Kuat Tekan Beton .....	115
2. Pengujian Kuat Tarik Beton .....	119
K. Hasil Pengujian Sampel Beton Semen Biotek dan Beton Semen PCC .....	121
L. Bleeding .....	125
M. Kandungan Udara .....	127
N. Berat Unit .....	130

O. Hasil Pengujian Sampel .....	130
1. Akumulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	130
2. Akumulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik .....	132
P. Analisis Hipotesis .....	136
Bab V Penutup .....	138
A. Kesimpulan .....	138
B. Saran-Saran .....	139
Daftar Pustaka	

TESIS SYARIF

## DAFTAR TABEL

<i>Nomor</i>	<i>Halaman</i>
1. Unsur_ unsur Kimia Abu AmpasTebu	12
2. Komponen Kimia Abu SekamPadi	15
3. Komponen Kimia Abu SampahOrganik	16
4. PerbandinganKandungan Abu InsinerasidanSemen Portland	16
5. Komponen Kimia BatuKapur/Tanah Kapur	19
6. Karakteristik Semen Portland	21
7. Komponen Kimia Semen Portland Menurut ASTM C 114	22
8. Prosentase Kimia Semen Portland Menurut ASTM C 114	22
9. ProsentaseKerapatanBubuk Semen Portland Menurut ASTM C114.	23
10. Komponen Kimia Semen Portland Menurut SNI-15-2409-2004	24
11. Kandungan Kimia Tanah LiatPada Semen Portland	32
12. Kandungan Kimia PasirSilikaPada Semen Portland	33
13. DaftarKonversiKuatTekan Benda Uji Dari KubusKeSlinder Menurut SNI-03-1974-1990	44
14. Standartekanan Minimum Untuk Semen Portland DalamMpa (Psi) Menurut ASTM C 150	45
15. SyaratFisika Semen Menurut SNI 15-7064-2004	45
16. FaktorModifikasiUntukDeviasiStandarPadaJumlahUji 30 Buah Menurut SK SNI 03 – XXXXX – 2002	46
17. SusunanEksperimen Yang Akan Dilaksanakan	58
18. EksperimenKuatTekanMelaluiPengerasanAlami(Curing Dry)	59
19. EksperimenKuatTekanMelaluiPengerasanDalam Air (Curing Water)	59
20. Form Data PengujianBeton SemenBiotek	60
21. Form Data PengujianBetonBiasa (Reference Concrete)	61

23. Jumlah Benda Uji	67
24. Proporsi Campuran Beton Semen PCC dan Semen Biotek	69
25. Berat Beton Segar	112
26. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen Biotek Metode Water Curing	121
27. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen Biotek	122
28. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen PCC metode Water Curing	123
29. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen PCC metode Dry Curing	123
30. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Semen Biotek metode Metode Water Curing	124
31. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen Biotek metode Dry Curing	124
32. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Semen PCC metode Water Curing	124
33. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen PCC metode Dry Curing	125
34. Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Semen PCC	125
35. Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Semen Biotek	125
36. Hasil Pengujian Bleeding Beton Semen Biotek dan Semen PCC	127
37. Kandungan Udara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Semen Biotek Metode Dry Curing	129
38. Berat Beton Segar Biotek Semen dan Semen PCC	130
39. Akumulasi Perhitungan Kuat Tekan Metode Dry Curing	130
40. Akumulasi Perhitungan Kuat Tekan Metode Water Curing	131

41. Akumulasi Perhitungan Kuat Tarik Metode Water Curing

132

42. Akumulasi Perhitungan Kuat Tarik Metode Dry Curing

133

TESIS SYARIF

## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Foto Udara Kab Dati II Jeneponto	7
2.	Foto Udara Lahan Mediteren	7
3.	Foto Udara Daerah Banyangan Hujan Kab Jeneponto-Bantane	7
4.	Tampak Mesin Uji Tekan. Beton (Compressive Strength Machine)	62
5.	Tampak Gambar Metode Slump	65
6.	Foto Material Yang Telah Dikemas Untuk Pengecoran Benda Uji	105
7.	Foto Material Benda Uji Beton Yang Siap Di Masukkan Ke Molen.	106
8.	Foto Peneliti Melihat Adukan Di Dalam Molen Beton 106	
9.	Foto Bekisting Slinder Beton Yang Telah Dipersiapkan	107
10.	Foto Sampel Slinder Beton Semen Biotek Yang Telah Dibuat	108
11.	Foto Sampel Slinder Beton Semen PCC Yang Telah Dibuat	108
12.	Foto Peneliti Membuat Slump Beton Sampel Benda Uji	110
13.	Foto Peneliti Mengukur Slump Beton Sampel Benda Uji	110
14.	Foto Perawatan Beton Semen Biotek Metode Water Curing	113
15.	Foto Perawatan Semen Biotek Metode Dry Curing	114
16.	Foto Perawatan Beton Semen PCC Metode Dry Curing	114
17.	Foto Penimbangan Sampel Benda Uji	116
18.	Foto Pengukuran Suhu Sampel Benda Uji	117
19.	Foto Proses Uji Tekan Beton Sampel Benda Uji	117
20.	Foto Beton Benda Uji Setelah Di Uji Tekan	118
21.	Foto Jarum Uji Tekan Pada Benda Uji Beton Umur Tiga Hari	118
22.	Foto Proses Uji Tarik Slinder Beton Benda Uji	119
23.	Foto Hasil Uji Tarik Slinder Beton Semen Biotek	120
24.	Foto Hasil Uji Tarik Slinder Beton Semen PCC	120
25.	Foto Proses Pengambilan Bleeding Sampel Benda Uji	126

<b>Nomor</b>		<b>Halaman</b>
26.	Foto Proses Pengisian Adukan Untuk Mengukur Kadar Udara	128
27.	Foto Proses Pemasangan Alat Ukur Kadar Udara	128
28.	Foto Peneliti Sedang Mengukur Kadar Sampel Udara Benda Uji	129
29.	Grafik Perbandingan Kuat Tekan Semen Biotek dan Semen PCC Metode Dry Curing	128
30.	Grafik Perbandingan Kuat Tekan Semen Biotek dan Semen PCC Metode Water Curing .	131
31.	Grafik Perbandingan Kuat Tarik Semen Biotek dan Semen PCC Metode Water Curing .	132
32.	Grafik Perbandingan Kuat Tarik Semen Biotek dan Semen PCC Metode Dry Curing	133



## Daftar Lampiran

<b>Nomor</b>		<b>Halaman</b>
1.	Komposisi Unsur Kimia Semen Biotek dan Semen PCC	165
2.	Komposisi Unsur Kimia Pembentuk Semen Biotek	165
3.	Kehalusan Semen PCC dan Semen Biotek	166
4.	Berat Jenis Semen PCC dan Semen Biotek	166
5.	Konsistensi Normal Semen PCC dan Semen Biotek	167
6.	Waktu Ikat Awal Semen PCC dan Semen Biotek	168

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bakri, 2009. Komponen Kimia Dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM Untuk Pembuatan Komposit Semen. Jurnal Perennial (Chemical and Physical Component of Rice Husk Ash as SCM for Cement Composite Manufacture) Lab. Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Makassar 90245 diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://www.scribd.com/doc/51461354/Kimia-Dan-Fisik-Abu-Sekam-Padi-Bakri>
2. I Wayan Suarna ,2008. Model Penanggulangan Masalah Sampah Perkotaan dan Pedesaan. Jurnal Pusat Penelitian Ilmiah Lingkungan Hidup Universitas Udayana. Diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://>
3. Ir. Ibnu Umar, 2009Pengelolaan Sampah Secara Terpadu Diwilayah Perkotaan, Jurnal Nasional diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://uwityangyoyo.wordpress.com/2009/04/05/pengelolaan-sampah-secara-terpadu-di-wilayah-perkotaan/>
4. Wompere, 2012, Butuh Regulasi Pengelolaan Sampah. Jurnal Nasional diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://www.jurnas.com/halaman/16/2012-01-13/195452>
5. Layong Leave, 2010. Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif Jurnal Nasional diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://layong.blog.binusian.org/2010/08/04/sekam-padi-sebagai-sumber-energi-alternatif>.
6. Afriska Chandra , 2008. Persebaran Jenis Tanah dan Pemanfaatannya
7. Badan Pusat Statistik Kota Makassar, Makassar Dalam Angka tahun 2010.
8. Badan Standarisasi Nasional SNI 15-2049-2004, Semen portland..
9. Badan Standarisasi Nasional SNI 15-3500-2004 Semen portland campur
10. Badan Standarisasi Nasional SNI 15-0302-2004 Semen portland pozolan

11. Badan Standarisasi Nasional, SNI 15-7064-2004 Semen Komposit,
12. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil
13. Badan Standarisasi Nasional SNI 03-2530-1991, Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland
14. Balai Pusat Statistik Jenepono (BPS) 2011. Kabupaten Dati II Jenepono Dalam Angka Tahun 2010.
15. Dr. Kimberly Kurtis, Test On Portland Cement, School Of Civil Ennginerig Georgia Institutr Of Technology Atlanta.
16. Tarsoen Waryono 2008, Konsepsi Penanganan Sampah Perkotaan Secara Terpadu Berkelanjutan. Diakses tanggal 22 Oktober 2011 dari <http://>
17. Fx. Nurwadi Wibowo dkk, 2006. Pengembangan Alat Pengolah Limbah Abu Ampas Tebu
18. Tanah Mediteren (<http://www.blogsas.com/8-jenis-tanah-di-indonesia>, diakses tanggal 9 Januari 2012).
19. I Putu Laintarawan dkk , 2009) Buku Ajar Konstruksi Beton, Universitas Hindu Indonesia.
20. Kothari, C.R., 1985. *Research Methodology- Methods and Techniques*
21. Dr . Ir. Victor Sampebulu' M eng "*Increase on Strenghts of Hot Weather Concrete by Self-Curing of Wet Porous Aggregat*" diakses tanggal 12 Pebruari 2012 dari <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ>
22. Ir. Tri Mulyono, MT, 2003. *Teknologi Beton*,
23. Dicky Rezady Munaf, dkk, 2011. "*SI 487 Material Semen Dan Beton*".
24. Prof. Dr . Ir. Muhammad Wihardi Tjaronge, Meng, 2012. *Semen dan Beton Berongga*.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Makassar sebagai ibukota propinsi Sulawesi Selatan dengan penduduk berjumlah 1.112.688 jiwa merupakan kota terbesar keempat di Indonesia dan terbesar di Kawasan Timur Indonesia yang memiliki luas areal 175,79 km<sup>2</sup> sehingga kota ini sudah menjadi kota metropolitan. Sebagai pusat pelayanan di KTI, Kota Makassar berperan sebagai pusat perdagangan dan jasa, pusat kegiatan industri serta pusat kegiatan pemerintahan Sulawesi Selatan.

Secara geografis Kota Metropolitan Makassar terletak di pesisir pantai barat Sulawesi Selatan pada koordinat 119°18' 27,97" - 119°32'31,03" Bujur Timur dan 5°00'30,18" - 5°14'6,49" lintang selatan dengan ketinggian dari permukaan laut, bervariasi antara 0 - 25 meter. Pada gambar 1 memperlihatkan peta wilayah Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 1, Peta Provinsi Sulawesi Selatan.

Makassar dengan jumlah penduduk yang cukup banyak maka sudah menjadi suatu hal yang wajar bahwa tingkat kebutuhan sandang, pangan dan perumahannya juga cukup tinggi seiring dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk tersebut.

Peningkatan kebutuhan akan perumahan maupun infrastruktur lainnya secara otomatis menuntut kebutuhan akan bahan bangunan yang semakin meningkat pula. Peningkatan akan kebutuhan bahan bangunan harus disikapi dengan pemanfaatan dan penemuan bahan bangunan yang mampu memberikan alternatif kemudahan pengerjaan serta hemat biaya. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan harapan akan ditemukannya alternatif teknik konstruksi maupun alternatif bahan/material bangunan yang efisien serta dapat menyediakan bahan bangunan dalam jumlah besar dan ekonomis. Alternatif yang sedang menjadi perhatian dewasa ini adalah pemanfaatan limbah-limbah industri dan limbah rumah tangga. Limbah industri maupun limbah rumah tangga untuk bahan campuran pembuatan suatu material bangunan diharapkan mampu mencapai spesifikasi yang layak sebagaimana layaknya jenis material yang telah dipergunakan sebelumnya. Terkait dengan ini penulis akan melakukan penelitian terhadap pemanfaatan tanah mediteren, limbah sampah organik, limbah ampas tebu dan limbah sekam padi menjadi biotek semen sebagai alternatif material pengganti semen portland dalam pembuatan konstruksi beton maupun pekerjaan lainnya yang menggunakan semen portland sebagai bahan utamanya dengan tetap memperhatikan sifat fisis maupun sifat kimia yang dimilikinya.

## 1. Volume Sampah

Salah satu permasalahan yang dihadapi penduduk Sulawesi Selatan pada umumnya dan masyarakat Kota Makassar pada khususnya adalah masalah persampahan, baik itu berupa sampah padat, cair maupun gas yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perdagangan, industri dan kegiatan perkotaan lainnya.

Sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga yang merupakan bahan yang terbuang dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis dan sesuatu yang tidak berguna lagi. Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan kedalam dua bagian yaitu:

### a. Sampah Organik.

Adalah jenis sampah yang dapat diuraikan secara alami yang terbentuk dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. misalnya sampah dari dapur, sisa makan, sayuran, buah-buahan, dan daun.

### b. Sampah Anorganik.

Merupakan sampah yang tidak dapat diperbaharui seperti mineral dan minyak bumi atau dari proses industri. Sampah anorganik lainnya dapat berupa limbah rumah tangga, misalnya berupa botol, botol plastik, bahan-bahan plastik lainnya dan kaleng yang proses penguraian secara alaminya memerlukan waktu yang cukup lama.

Tumpukan sampah tanpa mengalami pengolahan akan sangat berpotensi untuk meningkatkan pelepasan gas metan/methane (CH<sub>4</sub>) ke atmosfer. Metan

yaitu jenis gas yang terbentuk dari proses dekomposisi anaerob sampah organik yang memiliki efek terhadap pemanasan global dimuka bumi antara 20–30 kali lipat bila dibandingkan dengan gas CO<sub>2</sub>. Hal ini terjadi utamanya bersumber dari pembuangan sampah terbuka (open dumping) di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), total produksi metan tergantung kepada komposisi sampah yang secara teori bahwa setiap kilogram sampah dapat memproduksi 0,5 m<sup>3</sup> gas metan.

Karena pertumbuhan penduduk Indonesia yang terus meningkat maka diperkirakan pada tahun 2020 sampah yang dihasilkan sekitar 500 juta ton/hari atau 190 ribu ton/tahun. Hal ini berarti pada tahun tersebut Indonesia akan mengemisikan gas CH<sub>4</sub> ke atmosfer sebanyak 9500 ton (Sudarman, 2011).

Menurut data Balai Pusat Statistik (BPS) Makassar tahun 2010 saat ini Makassar telah memproduksi sampah sebesar 3.680,03 m<sup>3</sup> perhari dengan jumlah sampah organik sebanyak 2.943,29 m<sup>3</sup> atau 79,98 % dari total jumlah sampah perharinya. Fenomena persampahan tampaknya bukan hal yang sederhana, karena sepanjang ada kehidupan manusia permasalahan tersebut akan selalu timbul. Walaupun kebijakan persampahan telah tersedia, ditambah dengan bentuk kelembagaannya serta indikator kinerja dan tetapan alokasi pendanaannya baik yang bersumber dari APBD dan masyarakat tampaknya belum merupakan jaminan mantapnya pengelolaan sampah secara terpadu berkelanjutan (Tarsoen Waryono, 2008)

## **2. Tanah Mediteren**

Sebagai wilayah bagian Indonesia, Makassar memiliki beberapa kabupaten yang tersebar di pesisir timur dan selatan kota Makassar. Salah satu kabupatennya adalah kabupaten daerah tingkat II Jeneponto. Secara

administratif Pemerintahan Kabupaten Jeneponto terdiri atas 11 Kecamatan yang terbagi atas 113 Desa/kelurahan. Letak geografi dan luas wilayah kabupaten Jeneponto terletak antara  $5^{\circ}23'12''$  –  $5^{\circ}42'1,2''$  lintang selatan dan  $119^{\circ}29'12''$  –  $119,56'44,9''$  bujur timur berbatasan dengan kabupaten Gowa dan Takalar di sebelah utara, kabupaten Bantaeng di sebelah timur, kabupaten Takalar sebelah Barat dan laut Flores di sebelah selatan. Luas wilayah kabupaten Jeneponto tercatat 749,79 km persegi . Peneliti mengambil objek penelitian pada kabupaten ini karena pada topografinya kabupaten ini memiliki sumber tanah mediteren yang cukup banyak dan secara visual kabupaten ini memiliki lahan kering seluas 40.702 ha atau setara 50,91 %. (Farida Nurland,2011)

Kondisi tanah (topografi) kabupaten Jeneponto pada bagian utara terdiri dari dataran tinggi dengan ketinggian 500-1400 meter di atas permukaan laut, bagian tengah dengan ketinggian 100-500 meter dari permukaan laut dan pada bagian selatan meliputi wilayah dataran rendah dengan ketinggian 0-150 meter di atas permukaan laut. Wilayah Kabupaten Jeneponto sangat variatif dan dikenal sebagai wilayah bayangan hujan, karena terletak di balik gunung Lompobattang sehingga intensitas hujan lebih banyak tercurah di wilayah sebaliknya.

Menurut data Balai Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jeneponto tahun 2010 bahwa jenis tanah (*Soil Type*) di kabupaten tersebut terdapat 6 (enam) jenis, yaitu :

- Tanah Alluvial terdapat di Kecamatan Bangkala, Binamu dan Tamalatea.
- Tanah Gromosal terdapat di Kecamatan Tamalatea, Binamu, Bangkala dan Batang.



- Jenis tanah Mediteren terdapat di kecamatan Bangkala, Batang, Kelara dan Binamu.
- Jenis tanah Latosol terdapat di Kecamatan Bangkala Tamalatea dan Kelara.
- Jenis Tanah Andosil terdapat di Kecamatan Kelara.
- Jenis Tanah Regonal terdapat pada 11 Kecamatan di Kabupaten Jeneponto.

Fenomena yang terjadi bahwa walaupun mempunyai banyak sumber material tetapi pemerintah tidak melihatnya bahwa kekayaan alam tersebut dapat dimanfaatkan untuk peningkatan kesejahteraan rakyat. Demikian pula halnya masyarakat sekitar karena ketidaktahuannya akan sumber alam yang dimiliki maka mereka belum memanfaatkan secara optimal khususnya sebagai bahan baku produksi semen untuk bahan bangunan, terutama untuk bahan pembuat biotek semen. Pada gambar 2 berikut ini menunjukkan peta administratif Kabupaten Dati II Jeneponto



Gambar 2, Peta Administratif Kabupaten Dati II Jeneponto

Berdasarkan hal tersebut diatas maka pada usulan penelitian ini, peneliti akan meneliti lebih lanjut manfaat tanah mediteren sebagai jenis





### 3. Limbah Ampas Tebu

Limbah ampas tebu adalah sisa dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) yang diperoleh dari Industri pabrik gula berupa produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*).

Pada pabrik gula dihasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat berupa ampas tebu (*bagasse*), Abu boiler dan blotong (*filter cake*), limbah cair dan gas.

Ampas tebu yang lazimnya disebut bagas yang merupakan hasil sampingan dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Salah satu masalah yang dihadapi oleh pabrik gula adalah banyaknya ampas tebu sebagai limbah hasil penggilingan sehingga untuk menyimpannya perlu area yang luas. Selain itu ampas tebu juga mudah terbakar karena di dalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba, sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas yang menyebabkan mudahnya terjadi kebakaran.

Limbah lainnya adalah abu tebu, limbah ini sulit untuk dibuang karena fungsi dari abu tebu ini kurang bisa diolah dan dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya untuk perkebunan atau pertanian, bahkan bagi sebagian masyarakat tani menganggap abu tebu sebagai perusak kesuburan tanah sehingga merupakan masalah tersendiri dalam hal pembuangannya.

Jenis limbah berikutnya adalah blotong yang merupakan limbah padat berupa endapan berbentuk padatan semi basah dengan kadar air 50 – 70%, tumpukan limbah ini sangat mengganggu pandangan dan mengeluarkan bau yang kurang baik dan dapat menyebabkan polusi udara. Abu boiler merupakan sisa pembakaran ampas tebu yang digunakan dalam proses

pengolahan tebu. Umumnya masyarakat sekitar pabrik memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik.

Hasil pengolahan tanaman tebu yang diproduksi menjadi gula pasir pada dasarnya memiliki senyawa kimia yang dapat digunakan untuk pencampuran terhadap bahan lainnya dalam menciptakan suatu produk untuk keperluan bahan bangunan. Gambar 7 berikut ini menunjukkan limbah ampas tebu.



Gambar 7, Foto Limbah ampas tebu

#### 4. Limbah Sekam Padi

Limbah sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi, sebagian besar masyarakat belum dapat memanfaatkan limbah tersebut. Sekam padi mengandung senyawa kimia silika yang merupakan senyawa kimia yang teramat penting dalam penyusunan komposisi semen. Sekam memiliki kerapatan jenis (*bulk density*) 125 kg/m<sup>3</sup>, dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3300 k. kalori.

Menurut *Houston (1972)* dalam *Litbang Deptan* sekam memiliki *bulk density* 0,100 g/ ml. Persentase silika abu sekam padi yang dihasilkan pada pembakaran dengan suhu 600°C sebesar 72,28 %. Kerapatan gembur abu sekamnya sebesar 760 kg/m<sup>3</sup>. Walaupun abu sekam padi tidak dapat

digolongkan sebagai matriks semen karena tidak Mengandung C3S dan C2S tetapi dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen untuk menghasilkan CSH sekunder dalam pembuatan komposit semen (Bakri, 2009). Salah satu masalah yang diperoleh pada setiap pabrik penggilingan padi adalah besarnya limbah sekam yang dihasilkan pada setiap kali penggilingan. Pada proses penggilingan padi umumnya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Sekam dengan persentase tinggi tersebut dapat menimbulkan problem lingkungan. Abu sekam padi yang didapat dengan mengatur secara sempurna pembakaran sekam padi akan mengandung silikat *amorphous* yang sangat tinggi, yaitu sekitar 88,9% sampai 96,7% (Fx. Nurwadji Wibowo dkk, 2006).

## 5. Semen Portland

Dewasa ini pemakaian semen yang umum digunakan sebagai bahan utama dalam pekerjaan konstruksi adalah semen portland. Semen portland mempunyai sifat/karakteristik yang sangat sensitif terhadap pengaruh air maupun kelembaban. Pengikatan dan pengerasan semen dapat terjadi apabila dicampur dengan air.

Suatu hal yang sangat penting untuk dipahami bahwa pengerasan, pemadatan dan kekakuan yang terjadi pada semen pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh proses perubahan senyawa kimia batu kapur dimana batu kapur tersebut merupakan bahan utama pembentukan semen portland. Batu kapur mempunyai sifat menyerap air, akan tetapi setelah mengalami proses penghancuran dan pembakaran sampai pada derajat tertentu maka batu kapur akan menghilangkan sifat menyerap airnya. Namun apabila pada kondisi tersebut batu kapur disiram air maka dengan cepat akan mengalami

perubahan bentuk menjadi padat dan keras kembali atau dengan kata lain akan berubah kembali menjadi batu. Semen Portland adalah bahan pengikat organik yang sangat penting dipakai dalam bangunan-bangunan pada masa kini. Semen Portland merupakan bahan pengikat Hidrolog (Hidrolic bending agent) artinya dapat mengeras dengan adanya air (I Putu Laintarawan , 2009).

## **B. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini pembatasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah mediteren yang berada di wilayah Kabupaten Daerah Tingkat II Jeneponto.
2. Limbah sampah dari jenis sampah organik yang berada dikawasan tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang, Kota Makassar.
3. Limbah ampas tebu merupakan hasil pembuangan produksi pabrik gula pasir Kabupaten Daerah Tingkat II Takalar
4. Limbah sekam padi diambil dari limbah pabrik penggilingan padi dari masyarakat tani terdekat dari Kota Makassar.
5. Benda uji kuat tekan dan kuat tarik berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah 30 buah.
6. Umur beton untuk uji kuat tekan adalah 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

## **C. Identifikasi Dan Rumusan Masalah**

Dari uraian diatas maka dalam upaya penemuan bahan bangunan alternatif khususnya alternatif selain semen portland/ pcc maka peneliti melakukan kajian rumusan masalah dalam kaitannya terhadap pembuatan/pemanfaatan biotek semen untuk pekerjaan beton K-250 yang berupa :

1. Mungkinkah biotek semen mempunyai nilai pendekatan senyawa kimia terhadap nilai senyawa kimia semen portland/pcc.
2. Mungkinkah biotek semen mempunyai pendekatan nilai fisis terhadap nilai fisis semen portland/pcc.
3. Apakah biotek semen dapat melakukan pengikatan, pengerasan dan menerima beban tekan serta beban tarik sebagaimana layaknya semen Portland/pcc.

#### **D. Tujuan penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan tanah mediteren yang berada di wilayah Kabupaten Jeneponto Provinsi Sulawesi Selatan untuk menjadi bahan utama pembuatan biotek semen.
- b. Untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan pengelolaan sampah organik di Kota Makassar menjadi bahan tambahan didalam proses pembuatan biotek semen.
- c. Untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan pengelolaan limbah tebu dan limbah sekam padi menjadi bahan tambahan didalam proses pembuatan biotek semen.
- d. Untuk melihat kemampuan mutu kuat tekan pada beton K- 250 dengan menggunakan biotek semen.

#### **E. Manfaat penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi:

1. Memberikan suatu pandangan dan bukti nyata tentang pengelolaan penggunaan tanah mediteren dan limbah sampah organik, limbah tebu



dan limbah sekam padi menjadi biotek semen untuk bahan konstruksi beton, dan pekerjaan lainnya yang menggunakan semen.

2. Sebagai bahan acuan dalam merekomendasi pemerintah dan masyarakat setempat bahwa substitusi tanah mediteren yang merupakan jenis tanah tandus yang mengandung kapur yang berada diwilayah Kabupaten Jeneponto, limbah tebu pabrik gula di Provinsi Sulawesi Selatan dan limbah sekam padi dapat diolah menjadi biotek semen.
3. Bahwa limbah masyarakat berupa sampah organik yang saat ini oleh pemerintah dan warga Makassar sangat sulit mendapatkan solusi pemanfaatannya, maka kini telah terfikirkan untuk menjadikannya sebagai bahan tambahan (subtitusi) dalam proses pengelolaan bersama terhadap tanah mediteren, limbah tebu dan sekam padi untuk menjadi biotek semen.

#### **F. Sistematika Pembahasan**

Untuk mempermudah pembahasan, serta analisis penjabaran isi dari proposal penelitian ini, maka peneliti menyusun sistematika pembahasan dengan membagi kedalam beberapa bab, sebagai berikut :

Bagian awal yang berisi: Halaman Judul, Halaman Pengesahan, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar dan pada bagian isi terdiri atas lima bab yaitu:

Bab I Berisi Pendahuluan yang terdiri:

Latar Belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Batasan Masalah, Identifikasi dan Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, serta Sistematika Pembahasan.

Bab II Merupakan Tinjauan Pustaka yang meliputi:

Landasan Teori, Kajian Penulisan Terdahulu, Kerangka Pemikiran, Kerangka Penelitian dan Hipotesis Penelitian. Definisi Operasional

Bab III Adalah Metode Penelitian yang terdiri:

Waktu Dan Wilayah Penelitian, Jenis Penelitian, Populasi Dan Sampel, Tahapan dan Proses Penelitian, Variabel dan Indikator, Instrumentasi Penelitian, Metode/Teknik Pengujian Sampel, Metode/Teknik Pengumpulan Data, Metode Analisis Data serta Proporsi campuran/Mix Design.

Bab IV Proses Pengujian Bahan yang terdiri:

Pengujian unsur kimia biotek semen, Pencampuran/adukan.Mix design Faktor yang mempengaruhi kekuatan benda uji, Sifat fisis biotek semen dan semen pcc, pengujian sifat fisis, Pengujian Sifat Fisis, Pembuatan benda uji beton selinder, Pengujian slump, Berat isi beton segar, Perawatan (curing), Pengamatan dan Pengujian sampel beton, Hasil pengujian sampel, Bleeding beton, Kandungan udara beton, dan Analisis hipotesis hasil pengujian.

Bab V Penutup yang terdiri dari:

Kesimpulan dan Saran-saran

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### A. Landasan Teori

##### 1. Limbah Ampas Tebu

Tebu merupakan tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Sulawesi Selatan jenis tanaman ini cukup banyak dijumpai hal ini terbukti dengan terdapatnya tiga unit pabrik gula terkenal yang ada di Sulawesi Selatan yaitu pabrik gula Takalar di kabupaten Dati II Takalar, pabrik gula Camming dan pabrik gula Arasoe, keduanya berada di kabupaten Dati II Bone

Limbah ampas tebu adalah sisa dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) yang diperoleh dari Industri pabrik gula berupa produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*).

Menurut Sri Haryono dan Luky Primantary 2005, bahwa dari hasil penelitian hidrasi campuran *bagasse ash* dengan semen Portland dapat ditunjukkan bahwa dengan tambahan *bagasse ash* maka *setting timenya* bertambah lama, kuat tekannya meningkat dan lebih tahan terhadap lingkungan agresif dan dengan melakukan pembakaran pada suhu 700° C selama 60 menit secara terkontrol dapat menghasilkan kandungan silika oksida (SiO<sub>2</sub>) hingga 86,20 %.

Setiap berproduksi, pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. Limbah padat, yaitu: ampas tebu

(*bagas*), Abu boiler dan blotong (*filter cake*). Ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu untuk diambil niranya.

Blotong merupakan limbah padat produk pemurnian nira, berupa endapan berbentuk padatan semi basah.

Pada tabel 1 berikut ini dapat diperlihatkan besaran kandungan senyawa kimia ampas tebu setelah mengalami pembakaran sampai pada suhu 700° C yang penelitiannya telah dilakukan oleh Sri Haryono pada tahun 2011.

**Tabel 1.** Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam abu ampas tebu pada suhu pembakaran 700° C

No	Unsur Kimia	Berat (Prosen)
1	SiO <sub>2</sub>	86,20
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,26
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52
4	CaO	5,12
5	MgO	1,27
6	Na <sub>2</sub> O	0,17
7	K <sub>2</sub> O	2,08
8	MnO	0,09
9	TiO <sub>2</sub>	0,14
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,92
11	HD	0,12

Sumber : Sri Haryono 2011

Hasil pengolahan tanaman tebu yang diproduksi menjadi gula pasir pada dasarnya memiliki senyawa kimia yang dapat digunakan untuk pencampuran terhadap bahan lainnya dalam menciptakan suatu

produk untuk keperluan bahan bangunan. Senyawa kimia yang terkandung dalam ampas tebu, tersusun dari beberapa komponen.

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa senyawa kimia  $\text{SiO}_2$  (Silika) sebesar 86,20% merupakan komposisi terbesar sehingga sangat bermanfaat apabila digunakan sebagai bahan pecampuran dalam produksi biotek semen dimana pada jenis semen portland kandungan silikanya sebesar 20,60%.

Menurut SNI-0302 (Badan Standarisasi Nasional 2004), Bahwa Pozzolan merupakan bahan yang mengandung silika atau senyawa dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

Bottom ash dan *Fly ash* pada abu pembakaran ampas tebu hampir sama unsur dan jumlah yang terkandung di dalamnya. Tetapi perbedaannya adalah *bottom ash* memiliki ukuran butiran yang lebih kasar dari *fly ash*. Pada proses pemanasan boiler di pabrik gula, ampas tebu (*bagasse*) digunakan sebagai bahan bakar. Proses pembakaran tersebut menghasilkan abu ampas tebu (*bagasse ash*). Abu ampas tebu yang tertinggal pada tungku pembakaran tersebut disebut *bottom ash*. Disamping itu ada pula yang terbang ke cerobong asap yang disebut dengan *fly ash*.

## 2. Limbah Sekam Padi

Limbah sekam padi merupakan limbah hasil penggilingan padi, sebagian besar masyarakat belum dapat memanfaatkan limbah tersebut. Sekam padi mengandung senyawa kimia silika yang merupakan senyawa kimia yang teramat penting dalam penyusunan beberapa jenis bahan bangunan.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar.

Abu sekam padi telah digunakan sebagai bahan pozzolan reaktif yang sangat tinggi untuk meningkatkan mikrostruktur pada daerah transisi interfase antara pasta semen dan agregat beton yang memiliki kekuatan tinggi. Penggunaan abu sekam padi pada komposit semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi karbon dioksida (Bui *et al* 2005 *dalam Bakri.*, Partikel abu sekam padi yang sangat halus memiliki arti penting dalam proses hidrasi semen. Laju hidrasi akan meningkat dengan berkurangnya ukuran partikel sehingga dapat meningkatkan kekuatan pasta semen (*Dermibas, 2004 dalam Bakri 2008*). Selain itu abu sekam padi yang memiliki ukuran partikel lebih kecil dari semen

dapat berfungsi sebagai mikrofiller untuk meningkatkan kerapatan komposit semen (Nehdi, 2004 dalam Bakri 2008). Abu sekam padi yang memiliki luas permukaan spesifik silika amorf 40 – 60 m<sup>2</sup>/g akan bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> dengan adanya air dan membentuk CSH pada suhu 40° C (Yu et al., 1999 dalam Bakri 2008).

Matriks semen hidrolis jika bereaksi dengan air akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) primer dan kalsium hidroksida (CH). CSH merupakan gel kaku yang tersusun oleh partikel-partikel sangat kecil dengan susunan lapisan yang cenderung membentuk formasi agregat yang akan memberikan kekuatan pada semen. Pembentukan CSH dan CH dalam proses hidrasi dikendalikan oleh hidrasi C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S dalam semen. Hidrasi C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S menghasilkan CSH dan CH yang berbeda. Jumlah CH yang dihasilkan dari proses hidrasi C<sub>3</sub>S 3 kali lebih banyak dari C<sub>2</sub>S. Besarnya prosentase kandungan kimia sekam padi setelah mengalami pembakaran sampai pada suhu 700° C dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Komponen kimia dan fisik abu sekam padi setelah pembakaran sebagai berikut:

<b>Senyawa</b>	<b>Jumlah (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	72,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,32
CaO	0,65
Hilang Pijar	21,43

Sumber ; (Bakri, 2008).

### 3. Sampah Organik

Energi dalam sampah organik, baik yang berupa sisa tumbuhan, maupun sisa bahan berupa zat kimia sintetik dapat dibebaskan dengan pembakaran. Dalam tabel 3 dapat dilihat komposisi abu sampah organik setelah melalui proses pembakaran.

Tabel 3. Komponen kimia Abu Sampah Organik setelah pembakaran sebagai berikut:

No	Senyawa	Jumlah %
1	SiO <sub>2</sub>	22,9
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,7
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,6
4	CaO	30,4
5	MgO	4,8
6	SO <sub>3</sub>	2,1
7	Na <sub>2</sub> O	3,3
8	K <sub>2</sub> O	2,6
9	CL	8,5
10	Lg Loss	-

Sumber, <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-17103> dalam Hanehara 2005

Energi yang dibebaskan itu dapat digunakan untuk keperluan hidup manusia. (waste-to-energy). Perbandingan kandungan senyawa kimia antara abu insenerasi sampah organik dengan kandungan senyawa kimia semen Portland dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4, Perbandingan Prosentase Kandungan Abu Insinerasi dan Semen Portland

No	Senyawa	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>
1	Semen Portland	62-65	20-25	3-5	3-4	2-3
2	Abu Insinerasi	12-31	23-46	13-29	4-7	1-4

Sumber, <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-NonDegree-17103>.



Sampah organik berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Sampah organik dapat dibagi menjadi :

- Sampah organik basah.

Istilah sampah organik basah dimaksudkan sampah mempunyai kandungan air yang cukup tinggi. Misalnya kulit buah dan sisa sayuran.

- Sampah organik kering.

Sementara bahan yang termasuk sampah organik kering adalah bahan organik lain yang kandungan airnya kecil. Misalnya sampah organik kering di antaranya kertas, kayu atau ranting pohon, dan dedaunan kering.

Menurut *Priyatna dalam Edi Hartono (2009)*, bahwa dengan melalui proses pembakaran, sampah organik akan menjadi abu yang mengandung unsur  $\text{SiO}_2$  sebanyak 23%-46% ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebanyak 13%-29% dan  $\text{CaO}$  sebanyak 12%-31%.

Penggunaan sampah sebagai bahan substitusi dengan bahan lainnya dalam membuat biotek semen berangkat dari keprihatinan bahwa, semakin hari jumlah produksi sampah semakin banyak serta ternyata di kota besar malah menimbulkan permasalahan yang berat dan berkepanjangan, dan tentunya semua kota yang berkembang akan menghadapi permasalahan ini. Diharapkan dalam upaya penggunaan sampah menjadi biotek semen akan dapat menyelesaikan permasalahan sampah secara keseluruhan yang memang permasalahan sampah harus diselesaikan secara integralistik dari beberapa faktor, namun

upaya ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi produksi sampah

#### 4. Tanah Mediteren

Tanah mediteran merupakan salah satu jenis tanah kapur yang terbentuk dari bebatuan kapur yang sudah melapuk. Tanah kapur tidak memiliki unsur hara sama sekali sehingga tanah ini tidak subur.

Kapur dalam tanah memiliki kandungan kalsium dan magnesium tanah. Hal ini terjadi karena keberadaan kedua unsur tersebut sering ditemukan berasosiasi dengan karbonat.

Tanah Kapur sebagai bahan utama mengandung senyawa: Calsium Oksida ( $\text{CaO}$ ), Silika Oksida ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ). Untuk menghasilkan biotek semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh dan sampai pada derajat tertentu.

Batu kapur merupakan susunan batu-batuan yang mengandung 50 %  $\text{CaCO}_3$ . Dalam industri, batu kapur/tanah kapur sering disebut dengan istilah limestone. Limestone dibedakan atas kandungan  $\text{CaCO}_3$  terdiri atas: (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS>)

- a. Limestone kadar tinggi (high grade), memiliki kadar  $\text{CaCO}_3$  yang tinggi yaitu lebih dari 97 – 99 % dan mengandung  $\text{MgO}$  maksimal 2 %. Batu kapur jenis ini memiliki sifat rapuh.
- b. Limestone kadar menengah (middle grade), memiliki kadar  $\text{CaCO}_3$  sebesar 88-90 % dan mengandung  $\text{MgO}$  maksimal 2 %. Sifat yang dimiliki oleh batu kapur jenis ini adalah rapuh dan kurang keras.

c. Limestone mutu rendah (low grade), memiliki kadar  $\text{CaCO}_3$  yang rendah yaitu berkisar 85 – 87 %.

Sifat fisika batu kapur/tanah kapur

- Fase : Padat
- Warna : Putih Kekuningan
- Kadar Air : 7-10  $\text{H}_2\text{O}$
- Bulk density : 1,3 ton/ $\text{m}^3$
- Specific gravity : 2,4
- Kandungan  $\text{CaCO}_3$  : 85-93%
- Kandungan  $\text{CaO}$

Low Lime : 40-44%

High Lime : 51-53%

Sifat Kimia batu kapur/tanah kapur

Mengalami reaksi kalsinasi :  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  Warna batu kapur adalah putih dan akan berubah menjadi agak kecoklatan jika terkontaminasi tanah liat atau senyawa besi. Komponen terbanyak pada batu kapur adalah  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  dan mineral lain dengan konsentrasi kecil. Berikut pada tabel 5 komposisi kimia batu kapur/tanah kapur :

Tabel 5, Komposisi kimia batu kapur/tanah kapur

No	Komposisi	Berat %
1	SiO <sub>2</sub>	0,32
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06
4	CaCO <sub>3</sub>	90,00
5	MgCO <sub>3</sub>	0,56
6	H <sub>2</sub> O	8,98

Sumber (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS>)

## 5. Semen Portland

Dewasa ini pemakaian semen yang umum digunakan sebagai bahan utama dalam pekerjaan konstruksi adalah semen portland. Semen portland mempunyai sifat/karakteristik yang sangat sensitif terhadap pengaruh air maupun kelembaban. Pengikatan dan pengerasan semen dapat terjadi apabila dicampur dengan air.

John Smeaton adalah seorang insinyur asal Inggris telah menemukan ramuan kuno berkhasiat luar biasa yang membuat adonan dengan memanfaatkan campuran batu kapur dan tanah liat saat membangun menara suar Eddystone di lepas pantai Cornwall, Inggris. Adonan ini yang digunakan untuk merekatkan batuan dalam proses pembangunannya. Akan tetapi oleh Joseph Aspdin, juga seorang insinyur berkebangsaan Inggris, pada 1824 telah merekayasa penemuan tersebut kemudian mengurus hak paten ramuan yang kemudian diberi nama semen portland yang mengambil nama dari Pulau Portland di Inggris, karena warna hasil akhir olahannya mirip tanah liat dipulau tersebut (<http://id.wikipedia.org/wiki/Semen/tgl:13-10-2011>). Karakteristik semen Portland meliputi komposisi kimia, kehalusan



Senyawa kimiawi pada proses pemadatan dan pengerasan akan melepaskan energi panas, yang dikenal sebagai panas dari hidrasi.

Kekuatan tekan dan tarik dari beton yang dibuat dalam kondisi cuaca panas akan menurun karena hilangnya air pencampuran yang disebabkan oleh penguapan tinggi. Salah satu metode untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan agregat fly ash jenuh. Kandungan air dalam agregat abu terbang dapat mengalir keluar ke padatan semen untuk melanjutkan proses hidrasi (Victor Sampebulu' 2012).

Berikut ini komponen kimia dan fisik semen portland menurut ASTM C 114 dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 sedang pada tabel 9 menunjukkan kerapatan bubuk semen portland berdasarkan ASTM C 114.

Tabel 7. Komponen kimia dan fisik semen portland menurut ASTM C 114

Chemical Analysis	
SiO <sub>2</sub>	Silicon dioxide
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminum oxide
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ferric oxide
CaO	Calcium oxide
MgO	Magnesium oxide
SO <sub>3</sub>	Sulfur trioxide
LOI	Loss on ignition
Na <sub>2</sub> O	Sodium oxide
K <sub>2</sub> O	Potassium oxide
TiO <sub>2</sub>	Titanium dioxide
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Phosphorus pentoxide
ZnO	Zinc oxide
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Manganic oxide
Sulfide sulfur	

ASTM C 114 Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

Major components

Separate determinations

- Insoluble residue
- Free calcium oxide
- CO<sub>2</sub> (carbon dioxide)
- Water-soluble alkali
- Chloroform – soluble organic substances

Minor components

Sumber ; **Dr. Kimberly Kurtis**, School Of Civil Engineering Georgia Institute Of Technology Atlanta


Tabel 8. Prosentase kimia semen portland menurut ASTM C 114

Oxide Analysis		Oxide	Shorthand	Common Name
Oxide	%			
		CaO	C	lime
SiO <sub>2</sub>	20.6	SiO <sub>2</sub>	S	silica
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.07	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	alumina
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.90	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	ferric oxide
CaO	63.9	MgO	M	magnesia
MgO	1.53	K <sub>2</sub> O	K	} alkalis
K <sub>2</sub> O	0.73	Na <sub>2</sub> O	N	
Na <sub>2</sub> O	0.15	SO <sub>3</sub>	$\bar{S}$	sulfate
SO <sub>3</sub>	2.53	CO <sub>2</sub>	$\bar{C}$	carbonate
LOI	1.58	H <sub>2</sub> O	H	water
+ other trace elements				

Sumber ; **Dr. Kimberly Kurtis**, School Of Civil Engineering Georgia Institute Of Tecnology Atlanta

Tabel 9. Prosentase kerapatan bubuk semen portland menurut ASTM C 114

### Bulk Density



Bulk density of cement varies between

830 kg/m<sup>3</sup> (52 lb/ft<sup>3</sup>)

and

1650 kg/m<sup>3</sup> (103 lb/ft<sup>3</sup>).

Sumber ; **Dr. Kimberly Kurtis**, School Of Civil Engineering Georgia Institute Of Tecnology Atlanta

Suatu hal yang sangat penting untuk dipahami bahwa pengerasan, pemadatan dan kekakuan yang terjadi pada semen pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh proses perubahan senyawa kimia batu kapur. Batu kapur mempunyai sifat menyerap air, akan tetapi setelah mengalami proses penghancuran dan pembakaran sampai pada derajat tertentu maka batu kapur akan menghilangkan sifat menyerap airnya. Namun apabila pada kondisi tersebut batu kapur disiram air maka dengan cepat akan mengalami perubahan bentuk menjadi padat dan keras kembali atau dengan kata lain akan berubah kembali menjadi batu.

Semen merupakan *hydraulic binder* (perekat hidraulis) yaitu senyawa kimia yang dapat membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan dengan bantuan air, tetapi semen tidak dapat larut didalam air. Komposisi kimia semen portland yang disarankan menurut SNI-15-2409-2004 dapat dilihat pada tabel 10

Tabel10. Komponen kimia semen portland yang disarankan SNI-15-2409- 2004:

No	Komponen Mayor	Komponen Minor	Penentuan Terpisah
1	SiO <sub>2</sub> (Silikon dioksida)	Na <sub>2</sub> O (Natrium oksida)	Bagian tak larut
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminium oksida)	K <sub>2</sub> O (Kalium oksida)	Senyawa organik yang larut dalam kloroform
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Besi (III) oksida)	TiO <sub>2</sub> (Titanium dioksida)	Kalsium oksida bebas
4	CaO (Kalium oksida)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Pospor pentaoksida)	Alkali yg larut dalam air
5	MgO (Magnesium oksida)	ZnO (Seng oksida)	
6	SO <sub>3</sub> (Sulfur trioksida)	Sulfida sulphur	
7	Hilang pijar	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Mangan oksida)	

Sumber : SNI-15-2049-2004



Dalam sistem produksi semen telah diatur menurut beberapa standar antara lain ASTM dan SNI bagi semen yang beredar di Indonesia yaitu Standar Nasional Indonesia. Dalam rangka perlindungan konsumen maka pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional melakukan pengujian terhadap produk semen yang beredar di Indonesia apakah sudah sesuai SNI yang meliputi:

1. Portland Cement Tipe I (PC I) = SNI 15-2049-04
2. Portland Pozzolan Cement (PPC) = SNI 15-2049-04
3. Super Masonry Cement (SMC) = SNI 15-3500-1993
4. Oil Well Cement (OWC) = SNI 15-3044-1992
5. Portland Composite Cement (PCC) = SNI 15-700-2004
6. Portland Pozzolan Cement (PPC) = SNI 15-0302-94

SNI merupakan jaminan bahwa produk tersebut berkualitas dan telah disesuaikan dengan karakteristik bangunan di Indonesia.

### **5.1. Jenis dan Tipe-Tipe Semen Portland**

Menurut ([www.sementonasa.co.id](http://www.sementonasa.co.id)) dilansir pada 9 Sept 2011, bahwa

semen portland berdasarkan jenisnya dapat diklasifikasikan atas:

#### **a. Semen Portland (OPC)**

Semen Portland jenis I merupakan semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker semen dan gypsum. Semen Portland jenis I digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekanan tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus) yang berdasarkan SNI No.15-2049-2004 dan ASTM C150-2004, tipe I diberlakukan untuk pekerjaan:

- Bangunan bertingkat tinggi
- Bangunan perumahan
- Bangunan jembatan dan jalan raya
- Landasan bandar udara
- Beton pratekan
- Bendungan saluran irigasi
- Elemen bangunan seperti genteng,paving blok,buis beton, batako dan lain-lain.

#### **b. Semen Portland Pozzolan (PPC)**

Semen Portland Pozzolan adalah jenis semen hidrolis yang terdiri dari campuran homogen antara semen portland dan pozzolan halus yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama atau mencampur secara rata bubuk semen portland dan pozzolan atau gabungan antara menggiling dan mencampur dimana kadar pozzolan sebanyak 15 % sampai dengan 40 % dari massa semen portland pozzolan yang berdasarakan SNI No.15-0302-2004, tipe IP-U ini diberlakukan untuk pekerjaan:

- Bangunan bertingkat 2 dan 3
- Konstruksi beton umum
- Konstruksi beton massa seperti pondasi plat penuh dan bendungan/dam
- Konstruksi bangunan didaerah pantai, tanah berair (rawa)
- Bangunan dilingkungan bergaram sulfat yang agresif
- Konstruksi bangunan yang memerlukan kekedapan tinggi seperti

bangunan sanitasi, bangunan perairan dan penampungan air

### c. Semen Portland Komposit (PCC)

Semen Portland Komposit adalah jenis semen bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gypsum dengan satu bahan anorganik atau hasil pencampuran bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lainnya yang berdasarkan SNI No.15-7064-2004, diberlakukan untuk pekerjaan:

- Konstruksi beton umum
- Pasangan batu dan batu bata
- Plesteran dan acian
- Selokan
- Jalan
- Pagar tembok
- Elemen bangunan seperti genteng, paving blok, buis beton, batako dan lain-lain.

Diseluruh pabrik produksi semen, kesemuanya tetap menggunakan batu kapur dan tanah liat atau tanah lempung sebagai bahan utamanya. Batu kapur diperoleh dari hasil tambang yang mengandung senyawa kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ). Tanah lempung mengandung silica dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) serta alumunium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Kedua bahan ini kemudian mengalami proses pembakaran hingga terbentuk suatu penghancuran gumpalan menjadi bentuk bulky (bubuk) yang telah homogen.

Semakin baik mutu semen apabila semakin lama proses pengerasannya. Semen yang telah tercampur dengan air dengan angka hidrolitasnya adalah:  $(\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3) : (\%CaO + \%MgO)$ . Angka hidrolitas ini berkisar antara  $< 1/1,5$  (lemah) hingga  $> 1/2$  (keras sekali). Namun demikian, dalam industri semen, angka hidrolitas ini harus dijaga secara teliti untuk mendapatkan mutu yang baik dan tetap.

Berdasarkan sifat adhesi dan kohesi semen portland maka persyaratan mutlak yang harus dipenuhi dalam proses pabrikasi adalah:

- Kehalusan butiran.  
Maksimum 10 % sisa semen yang tertinggal diatas ayakan 0,09 mm.
- Waktu Pengikatan.
  - Pengikatan awal minimum 1 jam, dan
  - Pengikatan akhir maksimum 8 jam.

Semen standar pozzolan Menurut SNI-15-2049 (*Bandan Standarisasi Nasional 2004*), terbagi atas beberapa jenis dan penggunaannya yang meliputi:

1. Jenis 1 (**Ordinary Portland Cement**)

yaitu Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.

2. Jenis II (***Moderate sulfat resistance***)

yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

3. Jenis III (***High Early strength***)

yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV (***Low Heat Of Hydration***)

yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah

5. Jenis V (***Sulfat Resistance Cement***)

yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

## 5.2. Komposisi Semen Portland

Semen tersusun dari 4 senyawa utama yaitu:

- Kalsium oksida (CaO),
- Silika dioksida (SiO<sub>2</sub>),
- Feri oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan
- Alumunium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 90 persen dari berat semen dan biasanya disebut "*Mayor Oxide*", sedangkan sisanya 10 persen disebut "*Minor Oxide*" dan pada Eastman C 114 disebut "*Mayor Components*" dan "*Minor Components*". Keempat oksida mayor tersebut akan menghasilkan senyawa-senyawa penyusun semen yaitu :

**a. Tricalcium Silikat (  $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_3\text{S}$  )**

$\text{C}_3\text{S}$  terbentuk pada suhu 1260 - 1455°C dan mempunyai sifat :

- Mempercepat pengerasan semen
- Mempengaruhi pengikatan kekuatan awal, terutama memberi kekuatan awal sebelum 28 hari
- Menimbulkan panas hidrasi 120 kal/gram
- Kandungan  $\text{C}_3\text{S}$  pada semen Portland antara 35 – 55 persen

**b. Dicalcium Silikat (  $2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$  atau  $\text{C}_2\text{S}$  )**

$\text{C}_2\text{S}$  terbentuk pada suhu 800 – 900 °C dan mempunyai sifat :

- Memberi kekuatan penyokong selama 1 hari
- Panas yang dilepas selama proses hidrasi 62 kal/gram
- Kandungan  $\text{C}_2\text{S}$  pada semen Portland antara 15 – 35 persen

**c. Tricalcium Aluminat (  $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  atau  $\text{C}_3\text{A}$  )**

$\text{C}_3\text{A}$  terbentuk pada suhu 1095 – 1205 °C dan mempunyai sifat :

- Panas hidrasi 220 kal/gram
- Memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan pada semen
- Kandungan  $\text{C}_3\text{A}$  pada semen Portland antara 7 – 15 persen

**d. Tetracalcium Aluminat Ferrite (  $4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  atau  $\text{C}_4\text{AF}$  )**

$\text{C}_4\text{AF}$  terbentuk pada suhu 1095 – 1205 °C dan mempunyai sifat :

- Kurang berpengaruh pada kekuatan semen
- Panas hidrasi 70 kal/gram
- Memberikan pengaruh pada warna semen
- Kandungan  $\text{C}_4\text{AF}$  pada semen Portland antara 5 – 10 persen.

Keempat senyawa ini berpengaruh terhadap sifat-sifat Semen Portland.

Umumnya Semen Portland mengandung komposisi :

$C_3S$  dan  $C_2S$  75 persen : Memberikan pengaruh terhadap Kekuatan tekan semen.

$C_4AF$  dan  $C_3A$  25 persen : Memberikan sedikit pengaruh terhadap

warna semen, sedangkan  $C_3A$  memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan semen.

### 5.3. Komposisi Bahan Semen Portland

#### a. Batu Kapur ( $CaCO_3$ )

Bahan baku yang digunakan untuk proses produksi semen, batu kapur (limestone) adalah bahan yang paling besar proporsinya. Oleh karena itu, biasanya pabrik **semen** akan berlokasi di daerah yang dekat dengan tambang batu kapur. Namun, dari beberapa mineral yang diperlukan untuk **proses produksi semen**, seperti  $CaO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , dan  $Fe_2O_3$  seringkali tidak semuanya bisa didapatkan dari satu lokasi penambangan yang sama, sehingga sebagian **bahan baku semen** tersebut harus didatangkan dari daerah lain. (<http://databaseartikel.com/pendidikan/201111600-proses-produksi-semen.html> diakses tgl 22-03-2012).

Desain campuran yang tepat sesuai dengan kualitas jenis semen yang akan diproduksi dipengaruhi oleh proporsi dan komposisi kimia masing-masing bahan baku.

Batu kapur merupakan elemen utama untuk semua jenis semen. Jenis semen dengan berbagai mutu diperoleh dengan mengatur komposisi kapur atau dengan mengatur kapur dengan komponen-komponen lain dari semen.

Dengan membakar bahan mentah yang bersangkutan maka bahan tersebut akan kehilangan air dan karbon dioksida, bahan baru hasil pembakaran mempunyai kemampuan untuk menyerap air lagi apabila digiling halus, sehingga setelah itu bila dicampur dengan air bahan halus tersebut dapat membentuk dirinya kembali menjadi batu. Batu kapur merupakan sumber utama oksida yang mempunyai rumus  $\text{CaCO}_3$  (Calcium Carbonat), pada umumnya tercampur  $\text{MgCO}_3$  dan  $\text{MgSO}_4$ .

*Menurut Prof Wihardi Tjaronge 2012, bahwa batu kapur sebagai bahan baku yang baik dalam penggunaan campuran umumnya sebanyak  $\pm 80\%$ .*

#### **b. Tanah Liat**

Tanah liat yang baik untuk digunakan pada produksi semen memiliki kadar air  $\pm 20\%$ , kadar  $\text{SiO}_2 \pm 46\%$ . Rumus kimia tanah liat  $\text{SiO}_2 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar  $\pm 9\%$ .

Tanah liat terbentuk dari beberapa senyawa kimia antara lain; alkali silikat dan beberapa jenis mika. Pada dasarnya warna dari tanah liat adalah putih, tetapi dengan adanya senyawa-senyawa kimia lain seperti  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  dan  $\text{CaCO}_3$  menjadi hanya berwarna abu-abu sampai kuning. Sifat dari tanah liat jika dipanaskan atau



dibakar akan berkurang sifat keliatannya dan menjadi keras bila ditambah air. Warna tanah liat adalah putih bila tanpa adanya zat pengotor, tetapi bila ada senyawa besi organik tanah liat akan berwarna coklat kekuningan. Kandungan kimia tanah liat yang digunakan didalam proses pembuatan semen portland dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11, Kandungan kimia Tanah Liat pada Semen Portland

Senyawa Kimia	Jumlah ( % )
CaO	1-10
SiO <sub>2</sub>	40 – 70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15 – 30
Fe <sub>2</sub> O	3 – 10
MgO	1 – 5
Alkali	1 – 4
LOI	<2
H <sub>2</sub> O	18 – 25

Sumber, (H.N Banerjea, 1980)

### c. Pasir Silika

Silika merupakan material yang menghasilkan Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>) dan juga mengandung oksida aluminium serta oksida besi. Sifat utama pasir silika adalah dapat bereaksi dengan CaO membentuk garam kalsium silikat. Pasir silika memiliki rumus SiO<sub>2</sub> (silikon dioksida). Pada umumnya pasir silika terdapat bersama oksida logam lainnya, semakin murni kadar SiO<sub>2</sub> semakin putih warna pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO<sub>2</sub> semakin

berwarna merah atau coklat, disamping itu semakin mudah menggumpal karena kadar airnya yang tinggi. Pasir silika yang baik untuk pembuatan semen adalah dengan kadar  $\text{SiO}_2 \pm 90\%$ , dan penggunaan pasir silika dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar  $\pm 9\%$ . Kandungan pasir silika pada semen portland dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini.

Tabel 12, Kandungan Pasir Silika Semen Portland

Senyawa Kimia	umlah ( % )
CaO	1-3
$\text{SiO}_2$	85-95
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2-5
$\text{Fe}_2\text{O}$	1-3
MgO	1-3
Alkali	1-2
LOI	2-5

Sumber, (H.N Banerjea, 1980)

**d. Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )**

Bahan penambah lainnya dalam pembuatan semen adalah *Gypsum* dengan rumus kimianya ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yaitu suatu material bersifat sedimen  $\text{CaSO}_4$  yang mengandung 2 molekul hidrat dengan fungsi utamanya sebagai penghambat proses pengeringan pada semen.

Penambahan material *Gypsum* dapat diperoleh dari alam ataupun secara sintesis. *Gypsum* terdapat di danau atau gunung, Warna kristalnya adalah putih. Penambahan *gypsum* dengan kadar 91 persen dilakukan pada penggilingan akhir dengan perbandingan 96 :

4. Jika pemanasan dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, *gypsum* akan kehilangan semua airnya dan menjadi kalsium sulfat anhidrat.

*Gypsum* juga dapat mengalami hidrasi dengan air menjadi hidrat kristal padat.

**e. Pasir Besi**

Pasir besi memiliki rumus kimia  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Ferri Oksida) yang pada umumnya selalu tercampur dengan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2$  sebagai impuritiesnya.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  berfungsi sebagai penghantar panas dalam proses pembuatan terak semen. Kadar yang baik dalam pembuatan semen  $\pm 75\%$ - $80\%$ . Penggunaan pasir besi dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar  $\pm 1\%$ .

**5.4. Proses Pembuatan Semen Portland.**

*Proses produksi semen* dimulai dari penambangan bahan baku, kemudian material hasil penambangan tersebut diperkecil ukurannya dengan proses pemecahan yang dilakukan oleh alat pemecah batu (stone crusher). Selanjutnya, masing-masing bahan baku disimpan dalam sebuah gudang penyimpanan bahan baku. Kualitas dan komposisi masing-masing bahan baku yang sudah tersimpan dalam tempat penyimpanan ini kemudian secara periodik dilakukan pengujian untuk mengetahui komposisi masing-masing materialnya. Ini penting, sebab desain campuran harus selalu disesuaikan dengan komposisi dari bahan baku yang ada.

**a. Proses Basah ( *Wet Process* )**

Usaha pembuatan semen dengan proses basah pertama kali dilakukan dengan membakar campuran batu kapur dan tanah liat. Batu kapur dan tanah liat digiling sambil ditambahkan air

sehingga menjadi pasta, kemudian pasta ini dibakar menjadi lelehan dalam tungku. Hasilnya berupa kalsium oksida (CaO) dan karbondioksida, kapur tohor bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk klinker, kemudian klinker digiling sampai menjadi tepung, pada proses ini bahan baku dihancurkan dalam *raw mill* kemudian digiling dengan ditambah air dalam jumlah tertentu. Hasilnya berupa *slurry* / buburan, kemudian dikeringkan dalam *rotary dryer* sehingga terbentuk umpan tanur berupa *slurry* dengan kadar air 25 – 40 persen. Pada umumnya menggunakan “*Long Rotary Kiln*” untuk menghasilkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan dan dicampur dengan *gypsum* untuk selanjutnya digiling dalam *finish mill* hingga terbentuk semen. Saat ini proses basah sudah tidak digunakan lagi, karena boros bahan bakar, kapasitas produksinya rendah, biaya produksinya tinggi sehingga secara ekonomis dianggap tidak menguntungkan.

1. Keuntungan proses basah (*I Ketut Arsha Putra, 1995*) :

- Pencampuran dari komposisi *slurry* lebih mudah karena berupa luluhan
- Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  tidak menimbulkan gangguan penyempitan dalam saluran *preheater* atau pipa
- Debu yang dihasilkan relatif sedikit
- Deposit yang tidak homogen tidak berpengaruh karena mudah mencampur dan mengoreksinya.

2. Kerugian proses basah (*I Ketut Arsha Putra, 1995*) :

- Tanur putar yang digunakan ukurannya lebih panjang dibandingkan tanur putar pada proses kering.
- Pemakaian bahan bakar lebih banyak dibandingkan proses lain karena kebutuhan panas selama pembakaran tinggi 1500 – 1900 kcal untuk setiap kilogram teraknya.
- Memerlukan air proses untuk membentuk material menjadi seperti lumpur.
- Kapasitas produksi lebih sedikit dibandingkan dengan proses lain apabila menggunakan peralatan dengan ukuran yang sama maka akan didapatkan hasil yang relatif lebih sedikit akibat adanya pencampuran bahan dengan air pada awal proses, yaitu pada proses penggilingan.

**b. Proses Semi Basah**

Kalsinasi campuran batu kapur dimana batu kapur dan tanah liat digiling sambil ditambahkan sedikit air sehingga menjadi pasta, kemudian pasta ini dibakar menjadi lelehan dalam tungku. Hasilnya berupa kalsium oksida (CaO) dan karbondioksida, kalsium oksida (CaO) bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk klinker dan terbentuk *Hidraulic Cement*. Pada proses semi basah, bahan baku (batu kapur, pasir besi, pasir silika) dipecah kemudian pada unit homogenisasi ditambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampur dengan luluhan tanah liat. Sehingga terbentuk bubuk

halus dengan kadar air 15-25 persen (*slurry*) disini umpan tanur disaring terlebih dahulu dengan *filter press*. *Filter cake* yang berbentuk pellet kemudian mengalami kalsinasi dalam tungku putar panjang (*Long Rotary Kiln*). Dengan perpindahan panas awal terjadi pada rantai (*chain section*) sehingga terbentuk klinker sebagai hasil proses kalsinasi. (Walter H. Duda, 1983 ). Saat ini proses semi basah juga tidak digunakan lagi, karena boros bahan bakar, kapasitas produksinya rendah, biaya produksinya tinggi sehingga secara ekonomis juga dianggap tidak menguntungkan.

### c. Proses Kering ( *Dry Process* )

Tahun 1891 didirikan *Kay Stone Portland Company*, yang merupakan pabrik semen portland pertama yang memakai tanur putar untuk membakar tepung baku. Pada pabrik ini bahan baku (batu kapur dan tanah liat) mengalami homogenisasi dalam keadaan padat, kering tanpa penambahan air tapi memakai bantuan udara. Kemudian tepung baku masuk ke unit *preheater* untuk dikalsinasi awal kemudian masuk ke *rotary kiln* untuk dikalsinasi lebih lanjut.

Pada proses ini bahan baku dipecah dan digiling disertai pengeringan dengan jalan mengalirkan udara panas ke dalam *raw mill* sampai diperoleh tepung baku dengan kadar air 0,5-1persen. Selanjutnya tepung baku yang telah homogen ini diumpankan ke dalam *suspension preheater* sebagai pemanasan awal, disini terjadi perpindahan panas melalui

kontak langsung antara gas panas dengan material dengan arah berlawanan (*Counter Current*). Adanya sistem *suspension preheater* akan menghilangkan kadar air dan mengurangi beban panas pada kiln.

Material yang telah keluar dari *suspension preheater* siap menjadi umpan kiln dan diproses untuk mendapatkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan secara mendadak agar terbentuk kristal yang bentuknya tidak beraturan (amorf) agar mudah digiling. Selanjutnya dilakukan penggilingan di dalam *finish mill* dan dicampur dengan *gypsum* dengan perbandingan 96 : 4 sehingga menjadi semen. (Walter H. Duda, 1983)

1. Keuntungan proses kering :

- Rotary kiln yang digunakan relatif pendek.
- *Heat consumption* rendah yaitu sekitar 800 – 1000 kcal untuk setiap kilogram terak sehingga bahan bakar yang digunakan lebih sedikit.
- Kapasitas produksi besar dan biaya operasi rendah.

2. Kerugian proses kering :

- Impuritas  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  menyebabkan penyempitan pada saluran *preheater*.
- Campuran tepung kurang homogen karena bahan yang digunakan dicampur dalam keadaan kering.
- Adanya air yang terkandung dalam material sangat mengganggu operasi karena material lengket pada *inlet chute*.

- Banyak debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

#### **d. Proses Semi Kering ( Semi Dry Process )**

Bahan baku pada unit homogenisasi batu kapur dan tanah liat digiling sambil ditambahkan sedikit air (10 –12 persen ) sehingga menjadi *nodule*, kemudian *nodule* ini dibakar menjadi lelehan dalam tungku. Hasilnya berupa kalsium oksida (CaO) dan karbondioksida. CaO tersebut bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk klinker yang diproduksi dengan tungku tegak. Saat ini proses semi kering sudah tidak digunakan lagi, karena pencampuran bahan baku kurang homogen, panas yang keluar tidak merata, menyebabkan *chain grate* mudah aus sehingga secara ekonomis dianggap tidak menguntungkan.(E. Jasjfi,1985 ).

Proses semi kering dikenal sebagai grate proses, dimana merupakan transisi dari proses basah dan proses kering dalam pembuatan semen. Umpan tanur pada proses ini berupa tepung baku kering, lalu dengan alat granulator (pelletizer) umpan disemprot dengan air untuk dibentuk menjadi granular dengan kadar air 10 – 12 persen dan ukurannya 10 – 12 mm seragam. Kemudian *kiln feed* dikalsinasi dengan menggunakan tungku tegak (*shaft kiln*) atau *long rotary kiln*. Sehingga terbentuk klinker sebagai hasil akhir proses kalsinasi. (Walter H. Duda, 1983)



1. Keuntungan proses semi kering
  - Tanur yang digunakan lebih pendek dari proses basah.
  - Pemakaian bahan bakar lebih sedikit. (I Ketut Arsha Putra,1995)
2. Kerugian proses semi kering
  - Menghasilkan debu
  - Campuran tepung baku kurang homogen karena pada saat penggilingan bahan dalam keadaan kering.

## **5.5. Langkah Utama Proses Produksi Semen Portland**

### **a. Penggalan/Quarrying:**

Terdapat dua jenis material yang penting bagi produksi semen: yang pertama adalah yang kaya akan kapur atau material yang mengandung kapur (calcareous materials) seperti batu gamping, kapur, dll., dan yang kedua adalah yang kaya akan silika atau material mengandung tanah liat (argillaceous materials) seperti tanah liat. Batu gamping dan tanah liat dikeruk atau diledakkan dari penggalan dan kemudian diangkut ke alat penghancur.

### **b. Penghancuran**

Penghancur berfungsi untuk pengecilan ukuran primer bagi material utama.

### **c. Pencampuran Awal**

Material yang dihancurkan melewati alat analisis on-line untuk menentukan komposisi tumpukan bahan.

#### **d. Penghalusan dan Pencampuran Bahan Baku**

Sebuah belt conveyor mengangkut tumpukan yang sudah dicampur pada tahap awal ke penampung, dimana perbandingan berat umpan disesuaikan dengan jenis klinker yang diproduksi. Material kemudian digiling sampai kehalusan yang diinginkan.

#### **e. Pembakaran dan Pendinginan Klinker**

Campuran bahan baku yang sudah tercampur rata diumpankan ke pre-heater, yang merupakan alat penukar panas yang terdiri dari serangkaian siklon dimana terjadi perpindahan panas antara umpan campuran bahan baku dengan gas panas dari kiln yang berlawanan arah. Kalsinasi parsial terjadi pada pre-heater ini dan berlanjut dalam kiln, dimana bahan baku berubah menjadi agak cair dengan sifat seperti semen. Pada kiln yang bersuhu 1350-1400 °C, bahan berubah menjadi bongkahan padat berukuran kecil yang dikenal dengan sebutan klinker, kemudian dialirkan ke pendingin klinker, dimana udara pendingin akan menurunkan suhu klinker hingga mencapai 100 °C.

#### **f. Penghalusan Akhir**

Dari silo klinker, klinker dipindahkan ke penampung klinker dengan dilewatkan timbangan pengumpan, yang akan mengatur perbandingan aliran bahan terhadap bahan-bahan aditif. Pada tahap ini, ditambahkan gipsum ke klinker dan diumpankan ke mesin penggiling akhir. Campuran klinker dan gipsum untuk semen jenis 1 dan campuran klinker, gipsum dan posolan untuk

semen jenis P dihancurkan dalam sistim tertutup dalam penggiling akhir untuk mendapatkan kehalusan yang dikehendaki. Semen kemudian dialirkan dengan pipa menuju silo semen.

#### **g. Pengepakan**

Dari silo inilah kemudian semen-semen tersebut dimasukkan ke dalam kantong atau kedalam truk pengangkut curah untuk didistribusikan ke pasar.

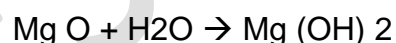
### **5.6. Sifat Kimia Semen Portland**

#### **a. Lime saturated Factor (LSF)**

Batasan agar semen yang dihasilkan tidak tercampur dengan bahan-bahan alami lainnya.

#### **b. Magnesium oksida (MgO)**

Pada umumnya semua standard semen portland membatasi kandungan MgO (Magnesit), karena MgO akan menimbulkan magnesia expansion pada semen setelah jangka waktu lebih daripada setahun, berdasarkan persamaan reaksi sbb :



Reaksi tersebut diakibatkan karena MgO bereaksi dengan H<sub>2</sub>O Menjadi magnesium hidroksida yang mempunyai volume yang lebih besar.

#### **c. SO<sub>3</sub>**

Kandungan SO<sub>3</sub> dalam semen adalah untuk mengatur /memperbaiki sifat setting time (pengikatan) dari mortar (sebagai retarder) dan juga untuk kuat tekan. Karena kalau pemberian

retarder terlalu banyak akan menimbulkan kerugian pada sifat expansive dan dapat menurunkan kekuatan tekan. Sebagai sumber utama  $\text{SO}_3$  yang sering banyak digunakan adalah gypsum.

**d. Hilang Pijar (Loss On Ignition)**

Persyaratan hilang pijar dicantumkan dalam standard adalah untuk mencegah adanya mineral-mineral yang dapat diurai dalam pemijaran. Kristal mineral-mineral tersebut pada umumnya dapat mengalami metamorfosa dalam waktu beberapa tahun, dimana metamorfosa tersebut dapat menimbulkan kerusakan.

**e. Residu tak larut**

Bagian tak larut dibatasi dalam standard semen. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah dicampurnya semen dengan bahan-bahan alami lain yang tidak dapat dibatasi dari persyaratan fisika mortar.

**f. Alkali ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ )**

Alkali pada semen akan menimbulkan keretakan pada beton maupun pada mortar, apabila dipakai agregat yang mengandung silikat reaktif terhadap alkali. Apabila agregatnya tidak mengandung silikat yang reaktif terhadap alkali, maka kandungan alkali dalam semen tidak menimbulkan kerugian apapun. Oleh karena itu tidak semua standard mensyaratkannya.

**g. Mineral compound (C3S, C2S, C3A , C4AF)**

Pada umumnya standard yang ada tidak membatasi besarnya mineral compound tersebut, karena pengukurannya membutuhkan peralatan mikroskopik yang mahal. Mineral compound tersebut dapat di estimasi melalui perhitungan dengan rumus, meskipun perhitungan tidak teliti. Tetapi ada standard yang mensyaratkan mineral compound ini untuk jenis-jenis semen tertentu. misalnya ASTM untuk standard semen type IV dan type V. Salah satu mineral yang penting yaitu C3A, adanya kandungan C3A dalam semen pada dasarnya adalah untuk mengontrol sifat plastisitas adonan semen dan beton. Tetapi karena C3A bereaksi terhadap sulfat, maka untuk pemakaian di daerah yang mengandung sulfat dibatasi. Karena reaksi antara C3A dengan sulfat dapat menimbulkan korosi pada beton.

**6. Pengujian Mutu Beton**

Pada pengujian ini peneliti berpedoman pada SNI 03-6805-2002, SNI 03-1974-1990, SNI 15-7064-2004 dan SK SNI 03 – XXXX - 2002 berupa metode pengujian untuk mengukur nilai kuat tekan beton pada umur awal dan memproyeksikan kekuatan pada umur berikutnya. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pengujian untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan. Dalam pengujian ini diharapkan untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan prosedur yang benar.

Pengujian dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran beton; bentuk benda uji berwujud silinder, hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan :

- a. perencanaan campuran beton;
- b. pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan.

Kuat tekan beban beton merupakan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Dalam sebuah perencanaan beton biasanya output yang dihasilkan adalah  $f_c'$  dalam satuan Mpa. Namun dalam spesifikasi umumnya menggunakan beton K , misalnya K250. Mutu Beton K dengan  $f_c'$  Mpa adalah suatu hal yang tidak sama, karena *K adalah kuat tekan karakteristik beton dalam kg/cm<sup>2</sup> dengan benda uji kubus bersisi 15 cm x 15 cm. Sedangkan  $f_c'$  dalam Mpa adalah kuat tekan beton yang disyaratkan Mpa atau kg/cm<sup>2</sup> dengan benda uji silinder.* Jadi, karena terjadi perbedaan benda uji maka mutu betonnya menjadi tidak sama..

Penentuan nilai  $f_c'$  boleh juga didasarkan pada hasil pengujian pada nilai  $f_{ck}$  yang didapat dari hasil uji tekan benda uji kubus bersisi 150 mm. Dalam hal ini  $f_c'$  didapat dari perhitungan konversi berikut ini.

$f_c' = (0,76 + 0,2 \log f_{ck}/15) f_{ck}$ , dimana  $f_{ck}$  adalah kuat tekan beton (dalam MPa), didapat dari benda uji kubus bersisi 150 mm. Atau perbandingan kedua benda uji ini, untuk kebutuhan praktis bisa diambil berkisar 0,83.

Menurut SNI-03-1974 -1990 dinyatakan bahwa bilamana tidak ada ketentuan lain konversi kuat tekan beton dari bentuk kubus ke bentuk

silinder, maka digunakan angka perbandingan kuat tekan sesuai tabel 13 berikut ini:

Tabel 13, Daftar Konversi Kuat Tekan Benda Uji Dari Kubus Ke Slinder

BENTUK BENDA UJI	PERBANDINGAN
Kubus : ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm	1,0
: ukuran 20 cm x 20 cm x 20cm	0,95
Slinder : ukuran 15 cm x 30cm	0,83

Sumber : SNI-03-1974 -1990

### 6.1. Pengukuran Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Sebagaimana penjelasan semula bahwa kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas benda uji yang menyebabkan benda uji tersebut mengalami kehancuran bilamana diberi beban dengan gaya tekan tertentu melalui alat Universal Testing Machine (UTM). Uji kuat tekan berdasarkan ASTM C-39-86 dan SK SNI.

Pada penelitian ini benda uji akan dibuat berbentuk silinder dengan ukuran

- Tinggi 30 cm
- Diameter 15 cm

Besarnya nilai kuat tekan benda uji yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sesuai SNI-03-1974 -1990 yaitu:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan tekan karakteristik beton (Kg/cm}^2\text{)}$$

$P = \text{Gaya tekan (Kg)}$

$A = \text{Luas penampang bidang tekan silinder beton} = \pi \cdot r^2 = (\text{cm})$

Standar Compressive Strength Semen Portland menurut ASTM C 150 dapat dilihat pada tabel 14 berikut ini:

Tabel 14, Standar Tekanan Minimum Untuk Semen Portland dalam MPa (psi) ASTM C 150

Umur	Tipe Semen				
	I	II	III	IV	V
1 Hari	-	-	12,0 (1740)	-	-
3 Hari	12,0 (1740)	10,0 (1450)	24,0 (3480)	-	8,0 (1160)
7 Hari	19,0 (2760)	17,0 (2470)	-	7,0 (1020)	15 (2180)
28 Hari	-	-	-	17,0 (2470)	21 (3050)

Sumber ; **Dr. Kimberly Kurtis**, School Of Civil Engineering Georgia Institute Of Technology Atlanta

Tabel 15, Syarat Fisika Semen menurut SNI 15-7064-2004

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat bline	m <sup>2</sup> /kg	min 280
2	Kekekalan bentuk dengan autoclave		
	- Pemuaian	%	maks. 0,8
	- Penyusutan		
3	Waktu pengikatan dengan alat Vicat:		
	- Pengikatan awal	menit	min. 45
	- Pengikatan akhir	menit	maks. 375
4	Kuat Tekan:		
	- Umur 3 Hari	kg/cm <sup>2</sup>	min. 125
	- Umur 7 Hari	kg/cm <sup>2</sup>	min. 200
	- Umur 28 Hari	kg/cm <sup>2</sup>	min. 250
5	Pengikatan Semu		
	;- Penetrasi Akhir	%	min. 50
6	Kandungan Udara Dalam Mortar	% Volume	maks.,. 12

**Sumber : SNI 15-7064-2004**



Bilamana uji beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan maka untuk perhitungan deviasi standar harus memenuhi ketentuan pada SK SNI-03-XXXX-2002 dimana kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ ) ditetapkan berdasarkan Tabel 16 sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton dimana harus diambil sebagai nilai terbesar dari persamaan 1 atau persamaan 2 dengan nilai deviasi standar yaitu :

Tabel 16, Faktor Modifikasi Untuk Deviasi Standar Untuk Jumlah Benda Uji 30 Buah menurut SK SNI 03 – XXXX - 2002

Jumlah Pengujian Bh	Faktor Modifikasi Untuk Deviasi Standar
Kurang dari 15 Bh	Gunakan Tabel 16
15 Buah	1,16
20 Buah	1,08
25 Buah	1,03
30 Buah atau lebih	1
Untuk jumlah benda uji berada diantara jumlah diatas maka harus diinterpolasi	
$f'_{cr} = f_c + 1,34 \cdot S$ atau	
$f'_{cr} = f_c + 2,33 \cdot S - 3,5$	

Sumber ; SK SNI 03 – XXXX - 2002

## 6.2. Pengukuran Kuat Tarik ( *Splitting Test* )

Setelah melakukan uji kuat tekan terhadap benda uji maka langkah selanjutnya adalah pengukuran kuat belah atau *tensile splitting cylinder test*. yang menyatakan ukuran ketahanan material terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas (*thermal stress*).

Besarnya nilai kuat tarik belah benda uji yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari SNI 03-2491-2002 sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tarik Belah} \text{ ----} \rightarrow \quad f_{ct} = \frac{2 \times P}{LD}$$

Dimana  $f_{ct}$  =Kuat tarik-belah, dalam MPa

$P$  = Gaya pada puncak beban (N)

$L$  = Panjang Benda Uji (mm)

$D$  = Diameter benda uji (mm)

## B. Tinjauan Penulisan Terdahulu

Jika menilik lebih rinci akan penelitian pemanfaatan tanah mediteren yang diselaraskan dengan pemamfaatan limbah ampas tebu, limbah sekam padi dan limbah sampah organik untuk menjadi biotek semen sebagai alternatif material pengganti semen portland dalam pembuatan konstruksi beton maupun pekerjaan struktur lainnya maka sampai sejauh ini belum terdapat kelompok maupun individu ataupun ilmuwan yang melakukan penelitian tersebut.

Namun demikian, penelitian lainnya yang juga menggunakan limbah ampas tebu dan limbah sekam padi telah pernah dilakukan dengan objek penelitian sebagai berikut:

1. Wibowo (1998) melakukan penelitian awal, guna melihat kandungan senyawa kimiawi berupa kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  pada abu ampas tebu dengan cara pembakaraaan yang sangat sederhana. Abu ampas tebu diperoleh dari sisa pembakaran pada pabrik gula Madukismo Yogyakarta yang mempunyai kandungan silikat 16,305%.

Setelah diproses ulang dengan dibakar pada temperatur 200 - 300° C selama 2 jam, diperoleh peningkatan kandungan silikat menjadi 62,748%. Kemudian Wibowo dan Hatmoko (2001) melanjutkan penelitiannya dengan menyatakan bahwa guna mencari temperatur pembakaran yang terbaik, dilakukan pembakaran mulai dari temperatur 200°C sampai 800°C dengan interval 100°C. Jumlah pembakaran yang dilakukannya sebanyak  $3 \times 7 = 21$  kali pembakaran. Hasil analisis kimiawi abu hasil pembakarannya adalah bahwa kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  terbesar diperoleh pada temperatur pembakaran 600°C prosentase hilang pijarnya sudah di bawah 10 %.

Syarat yang paling sulit dipenuhi dan yang paling menentukan adalah jumlah kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Oleh karena itu perhatian utama adalah pada total kandungan ketiga unsur tersebut. Prosentase kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  terbesar diperoleh pada suhu pembakaran 600°C, yang dekat dengan penelitian sebelumnya, yaitu pada temperatur 550°C. Pembakaran pada temperatur  $\geq 700^\circ\text{C}$  tidak efisien, karena abu di dalam silinder pembangkar telah menggumpal sehingga aliran abu menjadi tidak lancar.

2. Bakri (Oktober 2008) melakukan penelitian komponen kimia yang paling dominan terkandung pada abu sekam padi yang dihasilkan yaitu  $\text{SiO}_2$  sebesar 72,28 % dan senyawa hilang pijar sebesar 21,43 %.. Sedangkan persentase kandungan senyawa

CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, tergolong sangat rendah yaitu masing-masing sebesar 0,65 %, 0,37 %, dan 0,32 %. Perhitungan pembentukan tipe mineral atau fasa senyawa abu sekam padi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa abu sekam padi yang dibuat tidak memiliki fasa senyawa alite (C3S) dan belite (C2S) sedangkan aluminat (C3A), dan ferrite (C4AF) sangat rendah yaitu masing-masing sebesar 0,44 % dan 0,98 %. Karena abu sekam padi tidak memiliki fasa senyawa C3S dan C2S maka abu sekam padi tidak dapat digolongkan sebagai matriks dalam pengertian semen. Namun demikian karena abu sekam padi memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> yang tinggi maka abu sekam padi dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian matriks semen.

Matriks semen hidrolis jika bereaksi dengan air akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) primer dan kalsium hidroksida (CH). Pembentukan CSH dan CH dalam proses hidrasi dikendalikan oleh hidrasi C3S dan C2S dalam semen. Hidrasi C3S dan C2S menghasilkan CSH dan CH yang berbeda. Jumlah CH yang dihasilkan dari proses hidrasi C3S 3 kali lebih banyak dari C2S. CH yang terbentuk pada proses hidrasi berbentuk hexagonal dan menempati 20 – 25 % volume pasta semen, tetapi tidak memberikan kontribusi kekuatan pada semen. Sedangkan CSH merupakan gel kaku yang tersusun oleh partikel-partikel sangat kecil dengan susunan lapisan yang cenderung membentuk formasi agregat yang akan memberikan kekuatan pada semen.

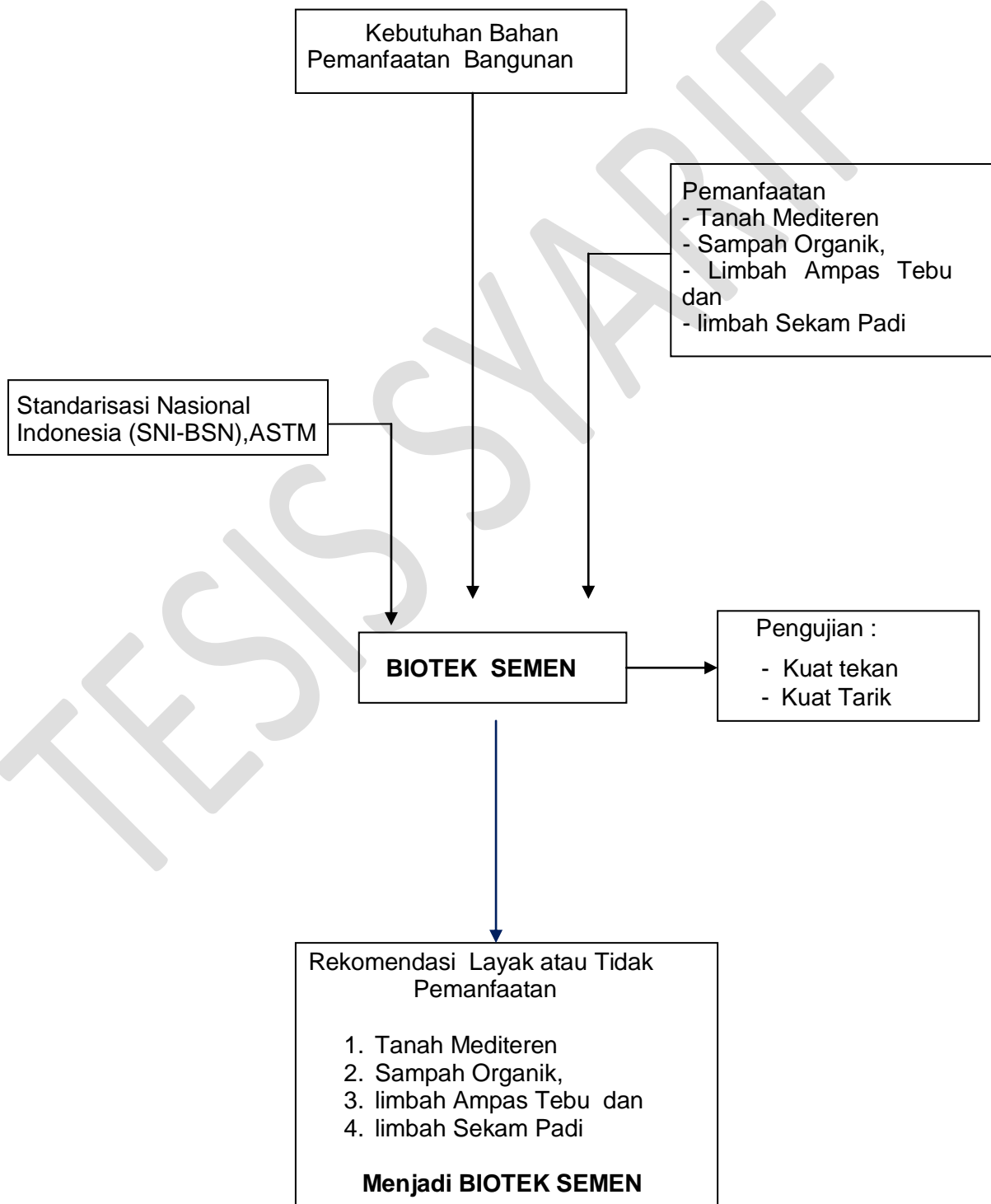
Penggantian sebagian semen oleh abu sekam padi akan menghasilkan reaksi antara CH dan silika abu sekam padi yang menyebabkan terbentuknya CSH sekunder.

### **C. Hipotesis Penelitian**

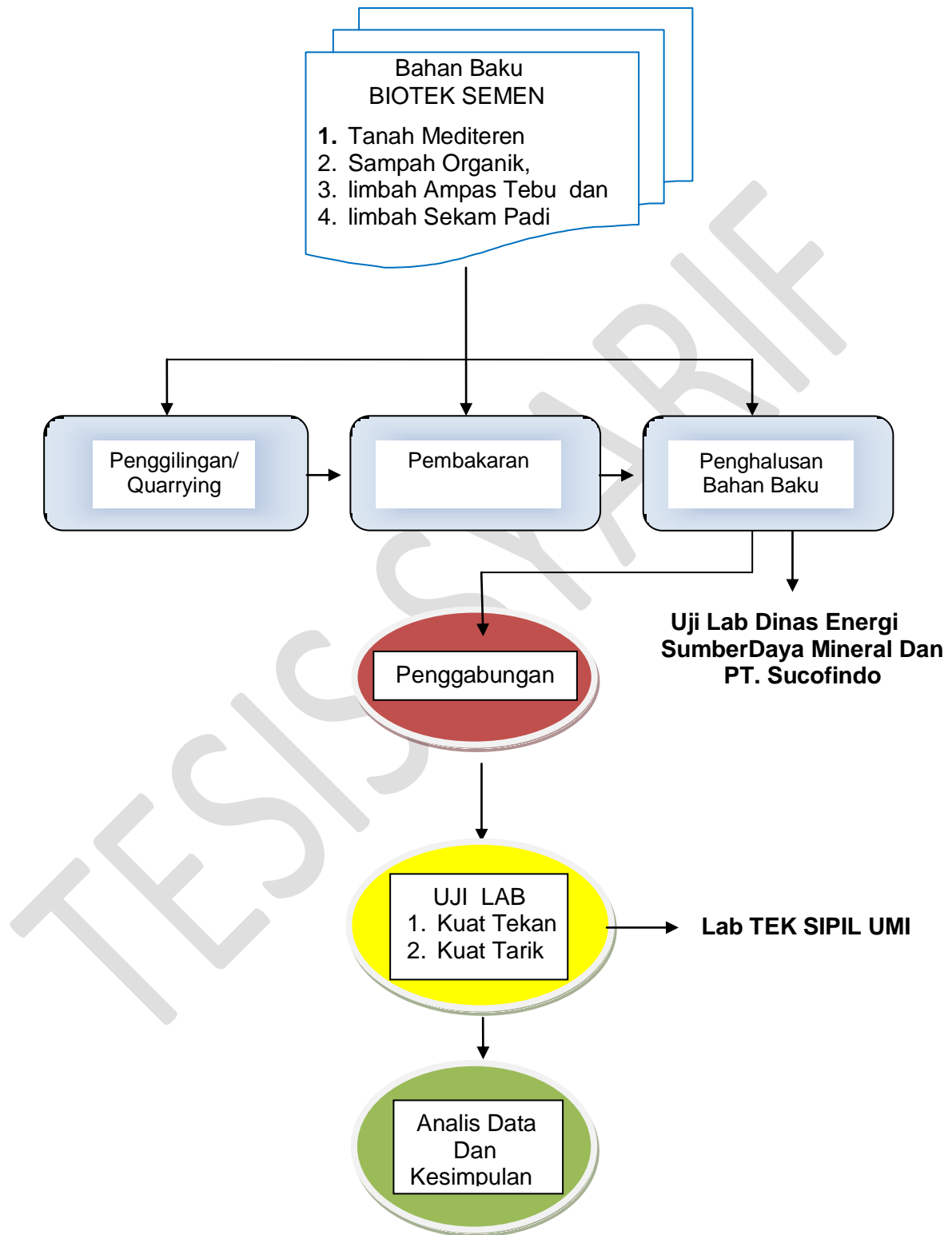
Mukinkah pemanfaatan tanah mediteren, limbah sampah organik, limbah ampas tebu dan limbah sekam padi dapat menjadi biotek semen sebagai semen alternatif pengganti semen portland untuk pekerjaan beton bertulang K-250 dan pekerjaan struktur lainnya yang menggunakan bahan dasar semen.

#### D. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dapat dilihat dalam bagan alur pemikiran sebagai berikut :



## E. Kerangka Penelitian



## F. Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan penjabaran akan variabel pada penelitian. Selanjutnya definisi operasional menggambarkan pula pengukuran atas variabel yang dikembangkan pada penelitian ini. Adapun definisi operasionalnya meliputi:

1. **Kuat tekan**, yaitu suatu cara mengungkap kemampuan menerima beban tekan yang layak. Pemeriksaan kuat tekan mortar dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan mortar apakah sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan atau tidak.

Pembebanan diberikan sampai benda uji runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Beban maksimum dicatat sebagai besarnya kekuatan tekan suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan oleh bahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut.

Secara matematis besarnya kekuatan tekan beton slinder adalah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan Tekan} \quad \sigma_c = \frac{P_{\text{maks}}}{A}$$

*Dimana:*

P maks adalah beban tekan maksimum ( N )

A adalah luas penampang ( m<sup>2</sup> )



- 2. Kuat tarik,** yaitu suatu cara mengungkap kemampuan menahan tarikan terhadap beban yang bekerja pada beton.
- 3. Biotek,** *Yaitu suatu bentuk teknologi yang memaksimalkan material buangan yang berasal dari limbah mahluk hidup.*
- 4. Semen** Adalah suatu zat yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya atau untuk pekerjaan struktur bangunan.
- 5. Semen Portland** adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. *(Ir. Alizar.MT. Teknologi Bahan Konstruksi).*
- 6. Biotek Semen,** *Yaitu suatu bentuk teknologi semen untuk pekerjaan Struktur bangunan yang memaksimalkan material buangan yang berasal dari limbah mahluk hidup.*
- 7. Tanah mediteren** adalah tanah yang terbentuk dari pelapukan batu kapur dan bersifat tidak subur untuk tanaman. *www.Anne Ahira.com.Content team, dilansir tgl 2-3-2012*
- 8. Ampas tebu** adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada Industri pemurnian gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang

dikenal sebagai ampas tebu (bagasse). (<http://repository.usu.ac.id/bitstream>)

9. **Abu ampas tebu** merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550°-600° C dengan lama pembakaran antar 4-8 jam. Abu ampas tebu diperoleh dari boiler sebagai abu pembakaran pabrik gula. (<http://repository.usu.ac.id/bitstream>)
10. **Limbah sekam padi** adalah limbah dari penggilingan padi. (Ngavwan, Januari 2006)