

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. Nurwadij 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*" diaksestanggal 12 Pebruari 2012 dari<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ>
22. Ir. Tri Mulyono, MT, 2003. *TeknologiBeton*,
23. DickyRezadyMunaf, dkk,2011. "*SI 487 Material Semen Dan Beton*".
24. Prof. Dr . Ir. Muhammad WihardiTjaronge,Meng, 2012. *Semen danBetonBerongga*.

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 km² 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 (CH₄) 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 CO₂. 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 m³ 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 CH₄ 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 m³ perhari dengan jumlah sampah organik sebanyak 2.943,29 m³ 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

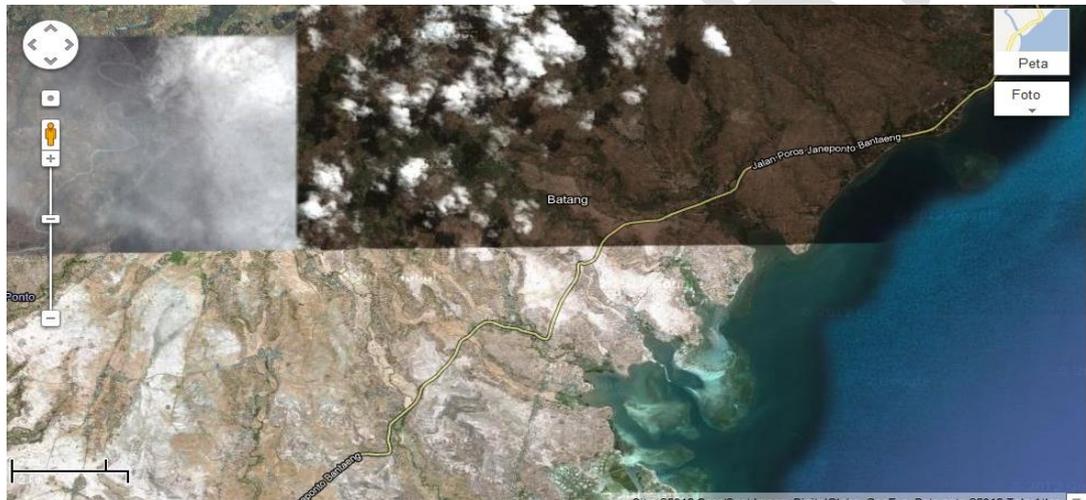


Gambar 2, Peta Administratif Kabupaten Dati II Jeneponto

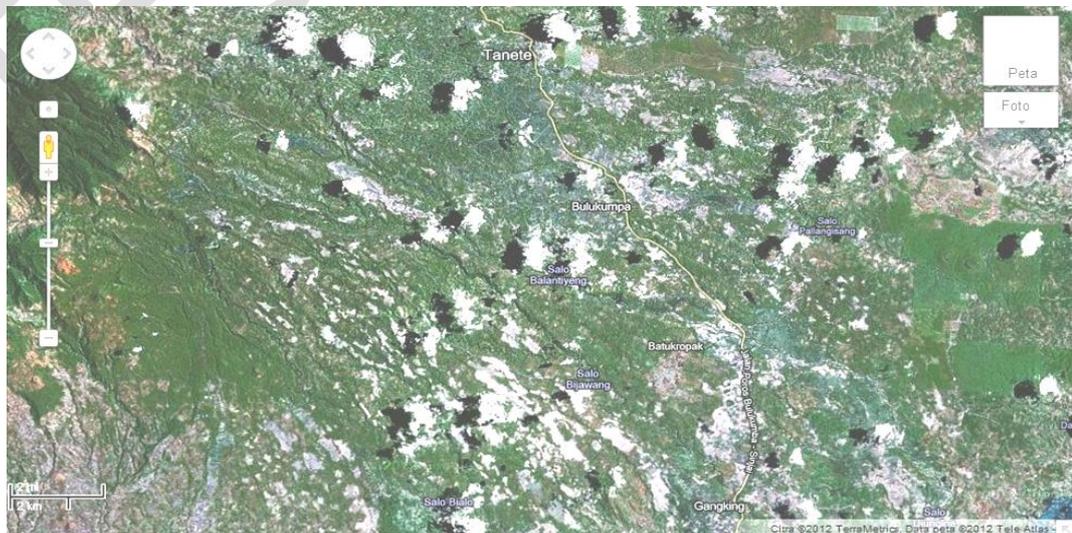
Berdasarkan hal tersebut diatas maka pada usulan penelitian ini, peneliti akan meneliti lebih lanjut manfaat tanah mediteren sebagai jenis



Gambar 4, Foto Udara Kabupaten Dati II Jeneponto



Gambar 5, Foto udara daerah banyangan hujan kabupaten Jeneponto - Banteng



Gambar 6, Foto Udara Kabupaten Dati II Bantaeng-Bulukumba

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/m³, 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/m³. 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 (substitusi) 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 (SiO₂) 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 ₂	86,20
2	Al ₂ O ₃	2,26
3	Fe ₂ O ₃	1,52
4	CaO	5,12
5	MgO	1,27
6	Na ₂ O	0,17
7	K ₂ O	2,08
8	MnO	0,09
9	TiO ₂	0,14
10	P ₂ O ₅	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 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 m²/g akan bereaksi dengan Ca(OH)₂ 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 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. 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:

Senyawa	Jumlah (%)
SiO ₂	72,28
Al ₂ O ₃	0,37
Fe ₂ O ₃	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 ₂	22,9
2	Al ₂ O ₃	19,7
3	Fe ₂ O ₃	5,6
4	CaO	30,4
5	MgO	4,8
6	SO ₃	2,1
7	Na ₂ O	3,3
8	K ₂ 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 ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃
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 SiO_2 sebanyak 23%-46% , Al_2O_3 sebanyak 13%-29% dan 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 (CaO), Silika Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksida (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 % CaCO_3 . Dalam industri, batu kapur/tanah kapur sering disebut dengan istilah limestone. Limestone dibedakan atas kandungan CaCO_3 terdiri atas: (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS>)

- a. Limestone kadar tinggi (high grade), memiliki kadar CaCO_3 yang tinggi yaitu lebih dari 97 – 99 % dan mengandung MgO maksimal 2 %. Batu kapur jenis ini memiliki sifat rapuh.
- b. Limestone kadar menengah (middle grade), memiliki kadar CaCO_3 sebesar 88-90 % dan mengandung MgO maksimal 2 %. Sifat yang dimiliki oleh batu kapur jenis ini adalah rapuh dan kurang keras.

c. Limestone mutu rendah (low grade), memiliki kadar CaCO_3 yang rendah yaitu berkisar 85 – 87 %.

Sifat fisika batu kapur/tanah kapur

- Fase : Padat
- Warna : Putih Kekuningan
- Kadar Air : 7-10 H_2O
- Bulk density : 1,3 ton/ m^3
- Specific gravity : 2,4
- Kandungan CaCO_3 : 85-93%
- Kandungan 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 CaCO_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , 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 ₂	0,32
2	Al ₂ O ₃	0,08
3	Fe ₂ O ₃	0,06
4	CaCO ₃	90,00
5	MgCO ₃	0,56
6	H ₂ 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 akhirnya 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 ₂	Silicon dioxide
Al ₂ O ₃	Aluminum oxide
Fe ₂ O ₃	Ferric oxide
CaO	Calcium oxide
MgO	Magnesium oxide
SO ₃	Sulfur trioxide
LOI	Loss on ignition
Na ₂ O	Sodium oxide
K ₂ O	Potassium oxide
TiO ₂	Titanium dioxide
P ₂ O ₅	Phosphorus pentoxide
ZnO	Zinc oxide
Mn ₂ O ₃	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
- CO₂ (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 ₂	20.6	SiO ₂	S	silica
Al ₂ O ₃	5.07	Al ₂ O ₃	A	alumina
Fe ₂ O ₃	2.90	Fe ₂ O ₃	F	ferric oxide
CaO	63.9	MgO	M	magnesia
MgO	1.53	K ₂ O	K	} alkalis
K ₂ O	0.73	Na ₂ O	N	
Na ₂ O	0.15	SO ₃	S̄	sulfate
SO ₃	2.53	CO ₂	C̄	carbonate
LOI	1.58	H ₂ 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/m³ (52 lb/ft³)

and

1650 kg/m³ (103 lb/ft³).

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 ₂ (Silikon dioksida)	Na ₂ O (Natrium oksida)	Bagian tak larut
2	Al ₂ O ₃ (Aluminium oksida)	K ₂ O (Kalium oksida)	Senyawa organik yang larut dalam kloroform
3	Fe ₂ O ₃ (Besi (III) oksida)	TiO ₂ (Titanium dioksida)	Kalsium oksida bebas
4	CaO (Kalium oksida)	P ₂ O ₅ (Pospor pentaoksida)	Alkali yg larut dalam air
5	MgO (Magnesium oksida)	ZnO (Seng oksida)	
6	SO ₃ (Sulfur trioksida)	Sulfida sulphur	
7	Hilang pijar	Mn ₂ O ₃ (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) 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 bersam-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 (CaO). Tanah lempung mengandung silica dioksida (SiO_2) serta alumunium oksida (Al_2O_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 pabrikan 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 (SiO₂),
- Feri oksida (Fe₂O₃) dan
- Alumunium oksida (Al₂O₃).

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 C_3S)

C_3S 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 C_3S pada semen Portland antara 35 – 55 persen

b. Dicalcium Silikat ($2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ atau C_2S)

C_2S 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 C_2S pada semen Portland antara 15 – 35 persen

c. Tricalcium Aluminat ($3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ atau C_3A)

C_3A terbentuk pada suhu 1095 – 1205 °C dan mempunyai sifat :

- Panas hidrasi 220 kal/gram
- Memberikan pengaruh terhadap kecepatan pengerasan pada semen
- Kandungan C_3A 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 C_4AF)

C_4AF 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 C_4AF 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 CaCO_3 (Calcium Carbonat), pada umumnya tercampur MgCO_3 dan 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 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 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_2S_3 dan 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 ₂	40 – 70
Al ₂ O ₃	15 – 30
Fe ₂ O	3 – 10
MgO	1 – 5
Alkali	1 – 4
LOI	<2
H ₂ O	18 – 25

Sumber, (H.N Banerjea, 1980)

c. Pasir Silika

Silika merupakan material yang menghasilkan Silika Oksida (SiO₂) 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 SiO₂ (silikon dioksida). Pada umumnya pasir silika terdapat bersama oksida logam lainnya, semakin murni kadar SiO₂ semakin putih warna pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO₂ 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
SiO_2	85-95
Al_2O_3	2-5
Fe_2O	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 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 Fe_2O_3 (Ferri Oksida) yang pada umumnya selalu tercampur dengan SiO_2 dan TiO_2 sebagai impuritiesnya. Fe_2O_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 Na_2O dan K_2O 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 Na_2O dan K_2O 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 sistem 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 ke dalam truk pengangkut curah untuk didistribusikan ke pasar.

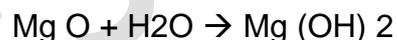
5.6. Sifat Kimia Semen Portland

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 H₂O menjadi magnesium hidroksida yang mempunyai volume yang lebih besar.

c. SO₃

Kandungan SO₃ 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 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 (Na_2O dan K_2O)

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 pembetonan.

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/cm² dengan benda uji kubus bersisi 15 cm x 15 cm. Sedangkan f_c' dalam Mpa adalah kuat tekan beton yang disyaratkan Mpa atau kg/cm² 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 slinder 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 ² /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 ²	min. 125
	- Umur 7 Hari	kg/cm ²	min. 200
	- Umur 28 Hari	kg/cm ²	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 SiO_2 sebesar 72,28 % dan senyawa hilang pijar sebesar 21,43 %.. Sedangkan persentase kandungan senyawa

CaO, Al₂O₃, dan Fe₂O₃, 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 SiO₂ yang tinggi maka abu sekam padi dapat dijadikan sebagai pengganti sebagian matriks semen.

Matriks semen hidrolik 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.

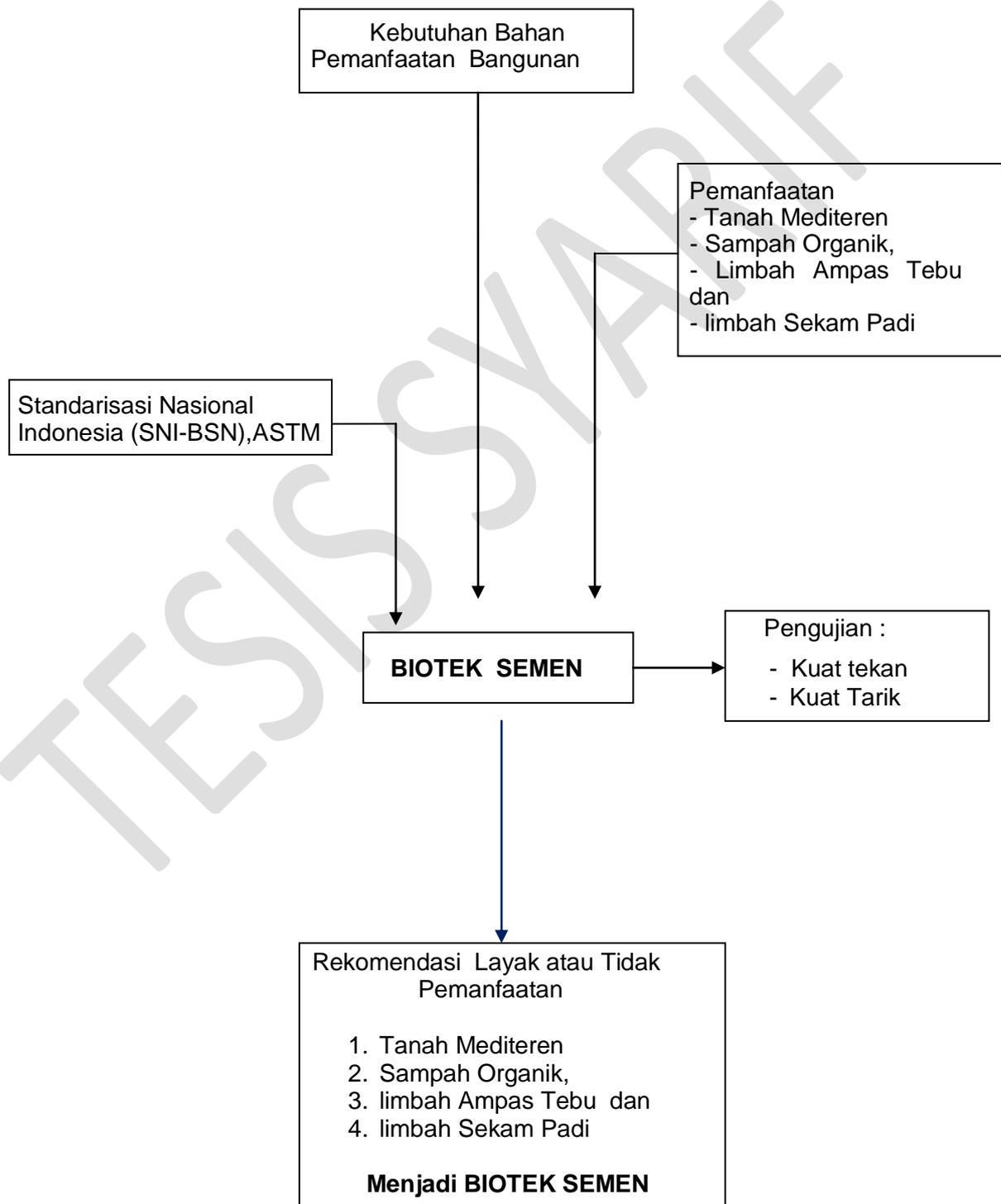
Penggantian sebagian semen oleh abu sekam padi akan menghasilkan reaksi antara CH dan silika abu sekam padi yang menyebabkan terbentuknya CSH sekunder.

C. Hipotesis Penelitian

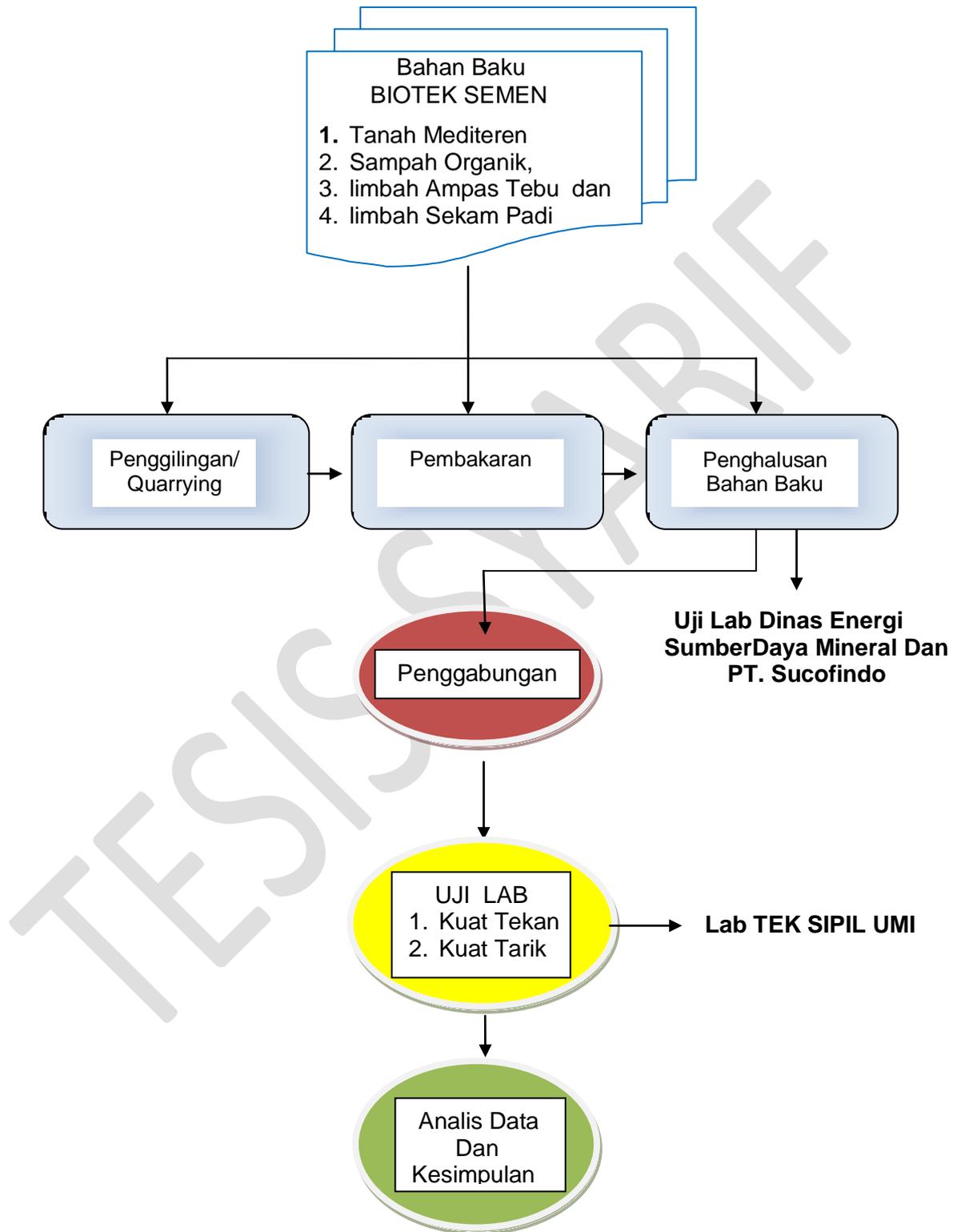
Mukinkah pemanfaatan tanah mediteren, limbah sampah organik, limbah ampas tebu dan limbah sekam padi dapat menjadi biotek semen sebagai semen alternatif pengganti semen portland untuk pekerjaan beton bertulang K-250 dan pekerjaan struktur lainnya yang menggunakan bahan dasar semen.

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 (m²)

- 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^o-600^o 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)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Wilayah Penelitian.

Pelaksanaan penelitian rencananya akan dilaksanakan pada bulan April 2013 sampai dengan bulan Mei 2013.

Penjabaran proses penelitian ini ditujukan untuk memaparkan tahapan-tahapan sejak awal pelaksanaan penelitian hingga didapatkan output penelitian. Penelitian ini diawali dari pengambilan sampel dari fakta lapangan yang menunjukkan kondisi tanah Mediteren di Kabupaten Dati II Jeneponto yang belum tersentuh dengan kajian-kajian penelitian pemberdayaan sumber daya alam. Selanjutnya juga mengambil sampel limbah ampas tebu dari pabrik gula Takalar pada Kabupaten Dati II Takalar yang dalam hal ini juga belum termanfaatkan. Pada tahap selanjutnya adalah pengambilan sampel sekam padi juga di Kabupaten Dati II Takalar sedang untuk sampel sampah organik diambil dari Kota Makassar dalam hal ini pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang.

Untuk itu dengan berpijak pada berbagai teori dan kenyataan dilapangan dan dalam rangka upaya pemanfaatan limbah industri, limbah rumah tangga dan sumber daya alam yang ada maka proses penelitian ini diharapkan diperoleh jawaban atas pertanyaan penelitian yakni: Mukinkah pemanfaatan tanah mediteren, limbah sampah organik, limbah ampas tebu dan limbah sekam padi dapat menjadi biotek semen sebagai semen alternatif selain semen portland untuk pekerjaan beton K-250 dan pekerjaan lainnya yang menggunakan bahan dasar semen.

Untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan tersebut, maka peneliti menyusun tahapan/proses penelitian berupa:

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu:

1. Tahap pra lapangan dan persiapan.

Tahap ini meliputi penyusunan rancangan penelitian, menjejak dan menilai kondisi awal yaitu melakukan pengamatan lapangan terhadap kondisi tanah mediteren, limbah tebu, limbah sekam padi dan limbah sampah organik.

2. Tahap pekerjaan lapangan dan pengumpulan data,

Dalam tahap ini terdiri atas:

- a. Pengumpulan data berupa material dan pengelolaannya yang akan dilaksanakan pada suatu area yang dipandang efektif dalam proses penguraian material baku.
- b. Pengujian mutu kuat tekan akan dilaksanakan pada laboratorium Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar.
- c. Pengujian laboratorium senyawa kimia akan dilaksanakan pada PT. Sucofindo dan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Makassar sebagai salah satu instansi dan perusahaan independen Indonesia yang telah terpercaya dan terbiasa melakukan analisis senyawa kimia.
- d. Proses analisis data hasil uji

3. Tahap penentuan kesimpulan hasil uji

Dari analisis yang dilakukan tersebut diharapkan peneliti mampu menarik kesimpulan dari fakta analisis untuk selanjutnya akan memaparkan hasilnya dalam sebuah kesimpulan penelitian.

B. Jenis Penelitian.

Penelitian ini bersifat kuantitatif eksperimental, sebagai upaya untuk dapat melihat dan mengetahui seberapa besar kemampuan pemanfaatan tanah mediteren, limbah ampas tebu, limbah sekam padi dan sampah organik untuk dapat menjadi biotek semen sebagai alternatif semen selain semen portland terhadap pekerjaan yang menggunakan bahan dasar semen melalui kajian-kajian eksperimental dilapangan dan dilaboratorium dimana kajian tersebut akan dapat mengungkap nilai kuat tekan dan kuat tarik beton melalui uji sampel silinder beton.

C. Populasi dan Sampel

Penekanan populasi dalam penelitian ini adalah:

1. Tanah dengan mengambil jenis tanah mediteren.
2. Sampah dengan mengambil jenis sampah organik.
3. Tebu dengan mengambil limbah pada pabrik pembuatan gula pasir.
4. Padi dengan mengambil limbah/ampas penggilingan pada pabrik penggilingan padi.

Prosentasi jumlah pengambilan masing-masing populasi akan disesuaikan dan akan dibahas pada bagian selanjutnya yang berupa proses pelaksanaan pengujian sampel.

Sampel penelitian ini berupa sejumlah percobaan berbentuk silinder dengan dimensi tinggi 30 cm dan diameter 15 cm yang uraiannya dapat dilihat pada tabel 17 sebagai berikut:

Tabel 19. Eksperimen Kuat Tekan Melalui Pengerasan Dalam Air (Water Curing)

No	Bahan Beton				Waktu Pengujian															Jumlah Eksperimen/Sampel	
					Jumlah Eksperimen																
	Material Utama		Material Pengisi		3 Hari			7 Hari			14 Hari			21 Hari			28 Hari				
					Pengujian ke			Pengujian ke			Pengujian ke			Pengujian ke			Pengujian ke				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
A Material Utama																					
1	Tanah mediteren X limbah ampas tebu x Limbah sekam padi x Limbah sampah organik		Pasir	Kerikil	Air	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
B Material Pemandangan																					
1	Semen Portland		Pasir	Kerikil	Air	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Jumlah Eksperimen/Sampel					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30	

D. Variabel dan Indikator

Variabel yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Hardened Concrete;

Indikatornya meliputi;

- a. Berat Unit per m³
- b. Perencanaan dan penilaian kuat tekan serta kuat tarik.

2. Fresh Concrete Condition

Indikatornya meliputi;

- Berat Unit per m³
- Kandungan Udara
- Bleeding

E. Instrumentasi Penelitian

Instrumen merupakan alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam pengumpulan data agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan

dapat dipermudah dalam proses pengelolaan data. Alat bantu pengambilan data dalam hal ini adalah:

1. Kisi-Kisi

Dalam mengetahui hasil laboratorium pengujian bahan berupa daya dukung kuat tekan, maka peneliti membuat tabel hasil pengujian sebagaimana pada tabel 20 dan tabel 21 sebagai berikut:

Tabel 20 Format Data Pengujian Beton Biotek Semen

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat isi (kg/lt)	Beban Max (kg)	$\sigma = P/A$ (kg/cm ²)	
								σ_b	$\sigma_b = 28$ hari
1	Slinder	3							
2	Slinder	3							
3	Slinder	3							
4	Slinder	7							
5	Slinder	7							
6	Slinder	7							
7	Slinder	14							
8	Slinder	14							
9	Slinder	14							
10	Slinder	21							
11	Slinder	21							
12	Slinder	21							
13	Slinder	28							
14	Slinder	28							
15	Silinder	28							
								Σ	

Tabel 21 Format Data Pengujian Beton Biasa Dengan Semen Portland

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Berat isi (kg/lt)	Beban Max (kg)	$\sigma = P/A$ (kg/cm ²)	
								σ_b	$\sigma_b = 28$ hari
1	Slinder	3							
2	Slinder	3							
3	Slinder	3							
4	Slinder	7							
5	Slinder	7							
6	Slinder	7							
7	Slinder	14							
8	Slinder	14							
9	Slinder	14							
10	Slinder	21							
11	Slinder	21							
12	Slinder	21							
13	Slinder	28							
14	Slinder	28							
15	Silinder	28							
								Σ	

2. Peralatan Pengujian (Pengelolaan Material)

Untuk memudahkan pekerjaan pengujian maka peneliti menggunakan beberapa alat bantu pengujian bahan yang berupa.

- a. Alat penghancur/penghalus tanah beku/batu (Rotary Stone Cruiser Machine).

Guna menghaluskan tanah yang bergumpal atau tanah yang berbentuk batu maka peneliti menggunakan alat Rotary Stone Cruiser Machine, fungsi utama alat ini adalah untuk menghasilkan butiran tanah yang lebih halus dan memudahkan dalam proses pengerjaan selanjutnya.

b. Alat pembakaran (Pipe Iron Machine and Fire High Pressure)

Untuk membakar material baku/utama maka peneliti membuat alat pembakaran berbentuk tabung/slinder dari bahan :

- Pipa GIV dia 12 inch dengan panjang 1,20 meter yang dibentuk sedemikian rupa dengan dilengkapi tempat pemasukan dan pengeluaran material (*gate pipe*) dan tempat pengeluaran udara (*fly out*). Untuk memutar pipa tersebut maka peneliti merancangya dengan menggunakan kaki penyangga dari besi kanal (UNP) yang dilengkapi roda besi.
- Kompor bertekanan tinggi, untuk pembakarannya menggunakan kompor gas bertekanan tinggi yang diletakkan pada bagian luar pipa sedang pada bagian dalam menggunakan breket batu bara. Agar terjadi keseragaman pembakaran material maka alat ini akan berputar diatas permukaan api pada kondisi waktu yang telah ditentukan.
- Thermometer Infra Red (SANFIX IR 1500)

Untuk mengetahui tekanan suhu pembakaran maka alat ini dilengkapi dengan alat pembaca suhu (*Thermometer infra merah*) yang mampu mendeteksi suhu hingga 1500 °C.

c. Alat pencapur abu pembakaran (Draw Mill Machine)

Setelah seluruh bahan dibakar maka material yang dihasilkan dikumpulkan kemudian digiling menggunakan alat penggiling / Raw mill dengan tujuan untuk mendapatkan butiran material yang lebih halus / fine powder. Konsep ini merupakan imitasi konsep

penggilingan material baku pada proses pembuatan semen portland sesungguhnya. Pada bagian ini peneliti menggunakan alat/mesin pembuat tepung terigu.

d. Untuk mendapatkan hasil pencampuran material yang homogen maka bahan diolah kedalam mesin rotary powder, alat ini peneliti buat dengan mengadopsi motor elektrik ex mesin cuci pakaian yang peneliti rakit sedemikian rupa dengan tetap mengambil konsep mesin rotary pada proses pembuatan semen portland.

e. Alat penyaring hasil penggilingan

Sebagaimana layaknya proses pembuatan semen portland dimana material yang telah digiling harus diayak/disaring dengan dimensi ayakan tidak lebih dari 0.09 mm, maka pada proses penelitian ini bahan yang telah digiling juga peneliti saring/ayak dengan dimensi ayakan 0.09 mm hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan bulk (bubuk) yang bebas dari serpihan/butiran kasar.

f. Tempat penyimpanan

Setelah bubuk dikeluarkan dari mesin rotary maka pengumpulan bubuk akan disimpan pada tempat yang bebas dari pengaruh air dan lembab untuk menghindari kerusakan berupa gumpalan bubuk.

g. Alat uji laboratorium kimia (uji senyawa kimia)

Untuk mengetahui unsur senyawa kimia, peneliti sepenuhnya menyerahkan sampel yang telah menjadi bubuk dengan jumlah tertentu kepada PT. Sucofindo Makassar yang selanjutnya akan meneliti kandungan senyawa kimia bahan/bubuk tersebut.

h. Alat uji laboratorium sipil (uji kuat tekan dan kuat patah)

Pada pengujian ini merupakan pengujian inti dimana akan dilakukan eksperimen daya dukung kuat tekan dan kuat tarik dengan menggunakan alat Compressive Strength Machine

F. Metode/Teknik Pengujian Sampel

Mutu beton umumnya ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Cara menguji kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji (berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm setelah umur benda uji mencapai 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Pada gambar 8 ditunjukkan mesin uji tekan beton (compressive strength machine)

1. Pemeriksaan Kekuatan Tekan Beton

Rumusan yang digunakan :

$$\text{Kekuatan tekan beton } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan tekan karakteristik beton (Kg/cm²)

P = Gaya tekan (Kg)

A = Luas penampang bidang tekan silinder beton = $\pi \cdot r^2$ = (cm²)



Gambar 8. Tampak Mesin Uji Tekan Beton (Compressive Strength Machine)

a. Peralatan Uji Tekan : (Mengacu pada SNI 03-1974-1990)

Berikut ini peralatan pengujian kuat tekan benda uji.

- a. Timbangan dengan tingkat ketelitian 0,3 % dari berat material.
- b. Mesin Tekan, kapasitas sesuai dengan kebutuhan
- c. Cetakan silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm
- d. Tongkat pemadat diameter 16 mm panjang 60 cm
- e. Bak pengaduk campuran beton
- f. Mesin Tekan (*Compressive Strength Machine*)
- g. Peralatan tambahan; ember, sekop, sendok semen, sendok perata.

➤ **Cara Pengujian Kuat Tekan**

- a. Cetakan dibersihkan dan dilumasi dengan minyak.
- b. Adukan dimasukkan kedalam cetakan dengan menggunakan sendok semen, dan dipadatkan sampai permukaan adukan

beton terlihat basah dan tidak ada gelembung udara yang naik kepermukaan.

- c. Adukan ditumbuk-tumbuk dengan tongkat pematat
- d. Permukaan adukan diratakan dengan menggunakan pisau perata.
- e. Setelah itu setiap cetakan diberi tanda (nomor kelompok dan group) serta dicatat tanggal percobaannya.
- f. Mendinginkan benda uji selama 24 jam untuk proses pengerasan /pengikatan .
- g. Mengambil benda uji yang akan ditentukan kuat tekannya dari bak perendaman/pematangan (curing) 24 jam sebelum pengujian, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lap,
- h. Menimbang dan mengukur benda uji,
- i. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris,
- j. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm² per-detik,
- k. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur, dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,
- l. Menggambarkan bentuk pecah dan mencatat keadaan benda uji.

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan Kuat Tekan (compressive strength) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (curing) di

laboratorium maupun di lapangan. Pengujian ini untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan prosedur yang benar. Pengujian ini dilakukan terhadap beton keras yang mewakili campuran beton,

2. Pemeriksaan Kekuatan Tarik Beton

Dalam pengujian kuat tarik belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Menurut Dicky Rezady Munaf 2011 bahwa kekuatan tarik beton (f_t) biasanya berkisar 0,05 sampai 0,1 dari nilai kuat tekannya. Benda uji silinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertical diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan terbelah oleh karena beban tarik horizontal. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula SNI 03-2491-2002, yaitu :

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

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

P = Gaya pada puncak beban (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

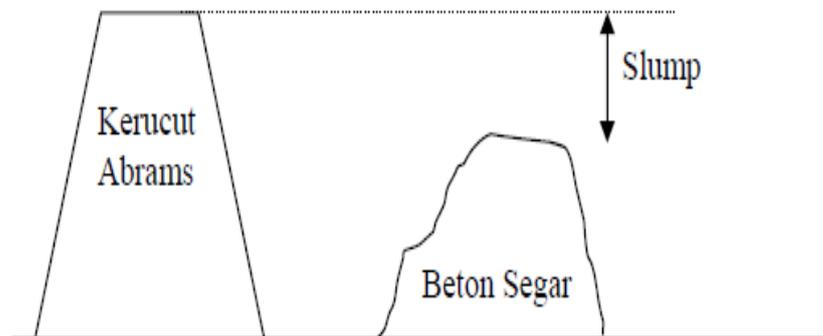
D = Diameter benda uji (mm)

3. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams, pengujian dimaksudkan untuk dapat mengetahui tingkat workabilitas beton. Tabung kerucut Abrams sebelum digunakan

terlebih dahulu dibasahi bagian kemudian beton segar dimasukkan ke dalam tabung kerucut dan setiap 1/3 volumenya ditusuk-tusuk 25 kali dengan penumbuk baja yang bertujuan untuk memberikan kepadatan massa bahan sampai isi kerucut Abrams penuh.

Beton diratakan permukaannya dan didiamkan selama 0,5 menit, selanjutnya kerucut Abrams diangkat pelan-pelan secara vertikal. Tabung kerucut diletakkan di sebelahnya, pengukuran *slump* dilakukan dari bagian tertinggi beton segar sampai ujung atas kerucut Abrams. Nilai yang didapat merupakan nilai *slump*, penggambaran dari pengujian nilai *slump* pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampak Gambar Metode Slump

Beberapa ketentuan khusus yang menjadi pedoman dalam pelaksanaan pengujian yaitu :

- a. Outline pengujian kuat tekan beton dari benda uji berbentuk silinder, adalah sesuai tabel 22 dibawah ini.

Tabel 22. Outline Pengujian Kuat Tekan

Sample	WC (%)	Temperature (°C)	Curing Condition and Method	Size	Quantity
BPCC	52	30	Water	φ 15 x 30	15
			Dry, 30°C-60%	φ 15 x 30	15
BBS	52	30	Water	φ 15 x 30	15
			Dry, 30°C-60%	φ 15 x 30	15

b. Pemeriksaan kuat tekan beton dilaksanakan pada umur benda uji 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan sampel sebagai berikut:

- Beton Biasa (Reference Concrete) / BPCC Terdiri dari: semen PCC, agregat kasar, agregat halus dan air.
- Beton Biotek Semen / BBS dengan bahan tambahan terdiri dari :
 - Agregat kasar
 - Agregat halus
 - Air

c. Pemeriksaan kuat tarik beton dilaksanakan pada umur benda uji 28 hari dengan sampel sebagai berikut:

- Beton Biasa (Reference Concrete) / BPCC Terdiri dari: semen PCC, agregat kasar, agregat halus dan air.
- Beton Biotek Semen / BBS dengan bahan tambahan terdiri dari :

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Air

4. Prosentase Material Pembentuk Biotek Semen.

Dalam pembuatan biotek semen maka komposisi material yang digunakan mengacu sesuai tabel 23 bagian B dibawah ini.

Tabel 23. Prosentase Material Biotek Semen Dengan Pembanding Material Pembentuk Semen Portland

No	Sumber Material	Komposisi Utama (Besar)		Komposisi Tambahan (Kecil)	
		Senyawa	Kadar/ Kandungan (%)	Prosentase Diambil (%)	Senyawa
A Semen Portlad					
1.	Batu Kapur / BK	CaCo3		80	MgCO3, MgSO4
2.	Tanah Liat / TL	SiO2	46	9	CaO, Al2o3, Fe2o3, Mgo, Loi,H2o, Alkali
3.	Pasir Silika / PS	SiO2	90	9	CaO, Al2o3, Fe2o3, Mgo, Loi,H2o, Alkali
4.	Pasir Besi / PB	Fe2o3	75	1	SiO2, TiO2
5.	Gypsum / GY	CaSO4	91	5	
B Semen Biotek					
1.	Tanah Mediteren / TM	CaCo3	40,93	75	SiO2, Al2o3, Fe2o3, MgCo3,H2o
2.	Ampas Tebu / AT	SiO2	38,06	2	CaO, Al2o3, Fe2o3, Mgo, K2o, TiO2, Na2o, P2o5
3.	Sekam Padi / SP	SiO2	71,27	2	CaO, Al2o3, Fe2o3, Loi,Mgo,K2o,No2o
4.	Sampah Organik / SO	Al2o3	29	16	Cao, SiO2, Fe2o3, Mgo, So3, Na2o, K2o,

Sumber A: Prof. Muhammad Wihardi Tjaronge, 2012 dan H.N. Banerjea, 1980
B; Muhammad Syarif, 2013 (Peneliti)

5. Jumlah Benda Uji

Jumlah pengujian benda uji pembanding berupa beton biasa (reference concrete) berbahan Semen Portland/ BPC dan benda uji utama berupa Beton Biotek semen (BB) yang berbentuk silinder beton berukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dapat dilihat pada tabel 24 berikut ini :

Tabel 24. Jumlah Benda Uji

No	Benda Uji	Metode	Pengujian Hari Ke					Jumlah Total (Bh)
			3	7	14	21	28	
1	B B P C C	Water	3	3	3	3	3	15
		Dry, 30°C-60%	3	3	3	3	3	15
2	B B S	Water	3	3	3	3	3	15
		Dry, 30°C-60%	3	3	3	3	3	15
Jumlah Total (Bh)			12	12	12	12	12	60

G. Metode/Teknik Pengumpulan Data

Adapun Jenis dan sumber data dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer merupakan pengumpulan data melalui pengamatan lapangan/observasi, dimana dalam hal ini peneliti akan melakukan beberapa pengamatan lapangan dan laboratorium.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data tidak secara langsung melainkan mengkaji data yang pernah melakukan

pengumpulan data sebelumnya. Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui telaah dokumen.

Dokumen dapat dijadikan sumber data mengingat dalam dokumen lama sering terdapat data yang dapat digunakan untuk memprediksi kenyataan lapangan dan sebagai sumber pembanding. Dokumen yang peneliti dapat jadikan sumber antara lain buku-buku yang berkaitan, jurnal dan situs situs yang memuat berbagai materi dan informasi mengenai penelitian terdahulu.

H. Metode Analisis Data

Agar data yang dikumpulkan itu dapat dimanfaatkan maka harus diolah dan dianalisa terlebih dahulu sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan. Penelitian ini membutuhkan analisis data dan interpretasi yang bertujuan menjawab pertanyaan - pertanyaan peneliti dalam rangka mengungkap fenomena tertentu (*Kothari, C.R., 1985*).

Melalui analisis data ini peneliti ingin melakukan proses penyederhanaan data kedalam bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan.

Metode yang dipilih untuk menganalisis data harus sesuai dengan pola penelitian dari variabel yang akan diteliti. Sebagai sebuah model persamaan struktur, uji statistik yang peneliti gunakan adalah uji Analysis Of Variance (Anova). Peneliti menggunakan model kausal adalah untuk pengukuran masalah yang struktural dan digunakan untuk menganalisa dan menguji hipotesis.

I. Proporsi Campuran / Mix Design

Untuk pencampuran material menjadi bahan beton sebagai bahan untuk uji kuat tekan dapat dilihat pada tabel mix design dimana pada Tabel 25 menunjukkan proporsi campuran/mix design yang menggunakan bahan semen pcc, agregat halus, agregat kasar dan air demikian juga terhadap proporsi campuran/mix design yang menggunakan bahan biotek semen , agregat halus, agregat kasar dan air.

Tabel 25

**PROPORSI ADUKAN CAMPURAN BETON PER M3
DENGAN SEMEN PCC DAN BIOTEK SEMEN METODE SK-SNI**

Jenis Semen	Fc	f'cr	Nilai Slump (cm)	Rasio Air Semen (%)	Ukuran Max Agregat Kasar (mm)	Kandungan Air (Kg / m ³)	Campuran Dengan Perbandingan Berat (Kg / m ³)		
	Mpa	Mpa					Semen	Pasir	Kerikil
Semen PCC	25	26.6	120	0.52	20	195	375	538	1232
Biotek Semen	25	26.6	120	0.52	20	195	375	538	1232
PROPORSI ADUKAN CAMPURAN BETON				Dengan Semen PCC		----->	1	1.4	3.3
				Dengan Biotek Semen			1	1.4	3.3

Spesifikasi Greavity

Biotek Semen	:	3.01
Semen PCC	:	3.16
Pasir	:	2.59
Kerikil	:	2.71
Air	:	1

BAB IV

PROSES PELAKSANAAN PENGUJIAN BAHAN

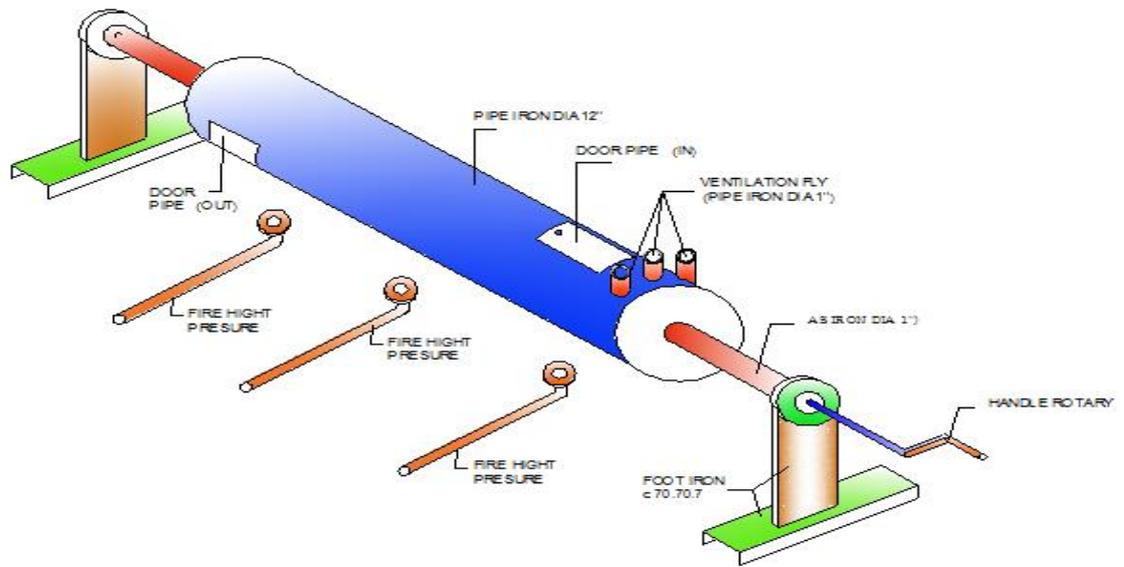
Pada penelitian ini pengujian bahan material utama dengan sampel berupa tanah mediteren, limbah sekam padi, limbah ampas tebu dan sampah organik akan diolah melalui sederetan proses dengan menggunakan alat yang peneliti buat sedemikian rupa guna memperlancar proses penelitian ini. Peralatan yang dimaksud dapat dilihat pada tabel 27 berikut ini:

Tabel 27. Peralatan untuk proses pengelolaan bahan

No	Uraian Peralatan	Kapasitas	Keterangan
1	Rotary Stone Cruiser Machine	0,008 m ³ /mnt	Fabrikasi
2	Pipe Iron Machine	0,99 m ³ /tube	Buatan Peneliti
3	Fire High Pressure	1400 ° C	Fabrikasi
4	High Thermometer Infra Red	1500 ° C	Fabrikasi
5	Draw mill Macine	2 kg/mnt	Fabrikasi
6	Rotary Combine Bulky Machine	0,016 m ³ /mnt	Buatan Peneliti

Sumber : *Muh. Syarif*, (Peneliti) 2013

Dalam melengkapi peralatan sesuai yang tersebut pada tabel 20 diatas maka sebelum peneliti menyiapkan dan membuat peralatan tersebut, terlebih dahulu peneliti membuat desain perencanaan peralatan. Pada gambar 9 dibawah ini dapat diperlihatkan desain perencana pipe iron machine atau alat pembakaran material pengujian dan pada gambar 11 diperlihatkan bentuk dari pipe iron machine yang telah dibuat oleh peneliti berdasarkan gambar 10.



Gambar 10. Sketsa Pipe Iron Machine



Gambar 11. Pipe Iron Machine Yang Telah Dibuat Peneliti



Gambar 12. Rotary Stone Cruiser Machine

Pada gambar 12 diatas diperlihatkan peralatan penghancur tanah batu/tanah keras yang bergumpal dimana alat tersebut telah dipersiapkan peneliti sebagai rangkaian kelancaran proses penelitian.

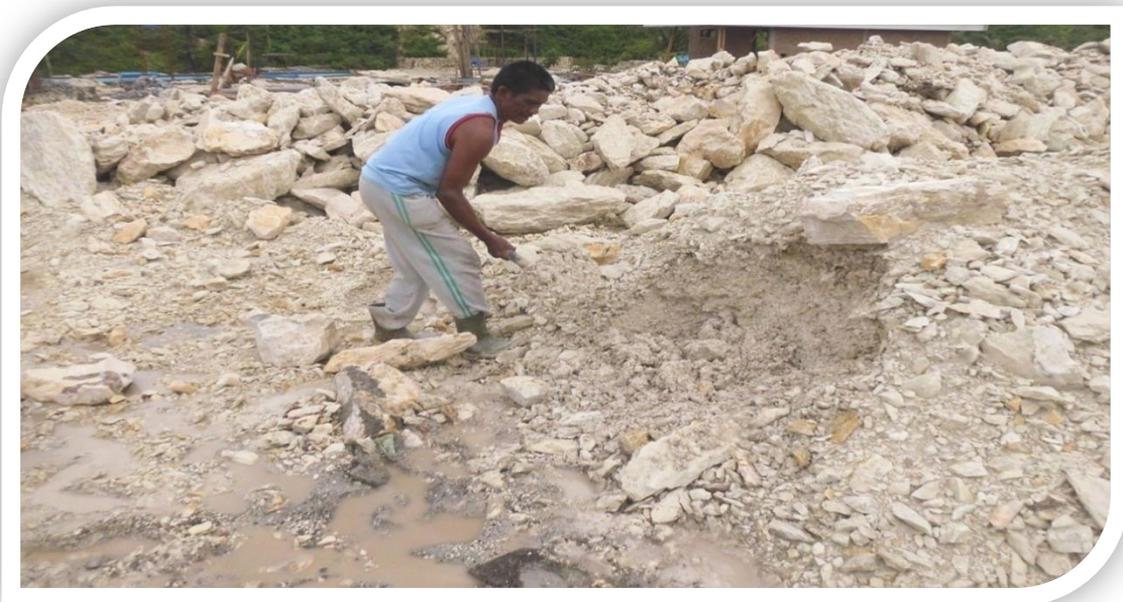
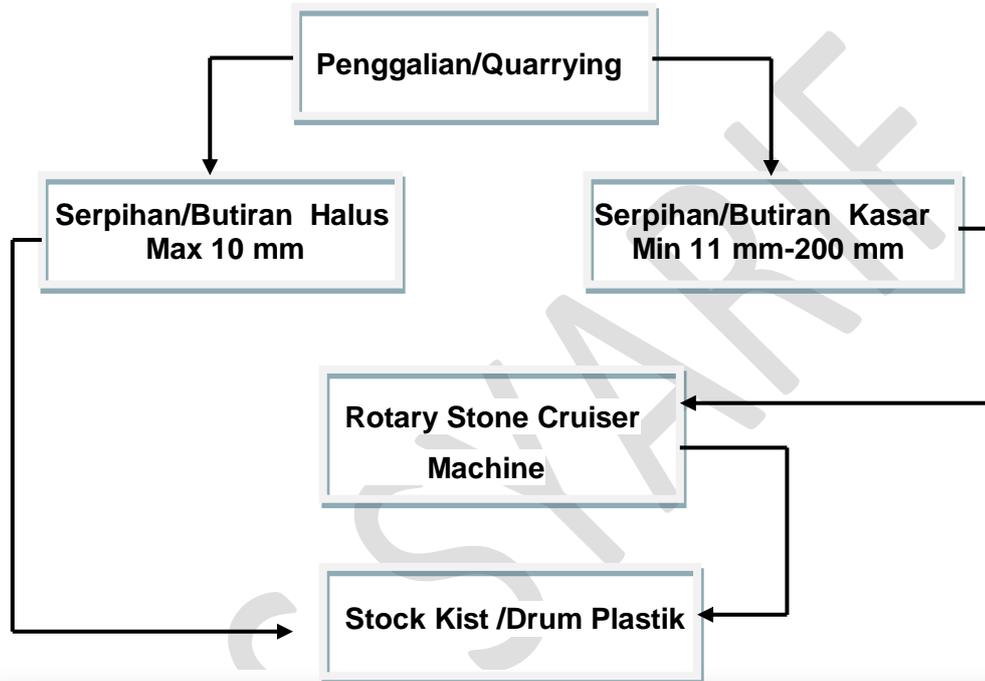
Pada proses pelaksanaan pengujian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

A. Pengumpulan Bahan Biotek Semen

1. Tanah Mediteren

Penggalian/Quarrying Tanah mediteren diambil dari lokasi Kab Jeneponto yang selanjutnya dibawa ke tempat pengumpulan bahan (Kota Makassar) yang disimpan kedalam wadah. Dalam pengumpulan ini peneliti akan mengambil sampel sebesar 0,4 m³.

Tanah Mediteren yang yang berupa serpihan halus akan dipisahkan dengan yang berbentuk bongkahan batu. Pada tanah yang berbentuk bongkahan tersebut peneliti terlebih dahulu melakukan penghalusan dengan menggunakan **Rotary Stone Cruiser Machine**. Berikut diagram pada tahap pengumpulan tanah mediteren ini.



Gambar 13 Proses Pengambilan Tanah Mediteren



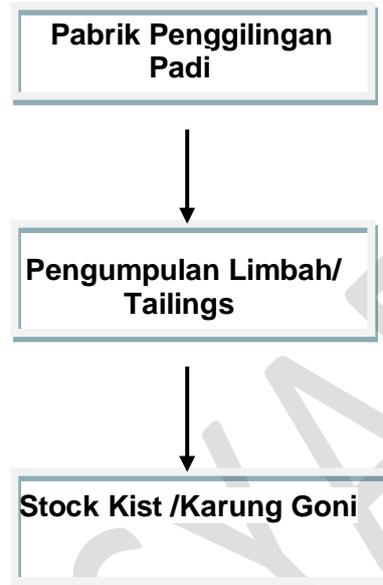
Gambar 14 Tanah Mediteren Yang Telah Diambil Dari Lokasi dan Siap Untuk Diolah

Pada Gambar 13 diatas diperlihatkan kondisi tanah mediteren yang akan diambil dari lokasi, sedang pada gambar 14 ditunjukkan bahwa peneliti telah mengambil sampel tanah mediteren dan telah siap untuk diolah pada proses selanjutnya.

2. Limbah Sekam Padi

Limbah sekam padi diambil dari hasil pembuangan/limbah pabrik penggilingan padi, yang dalam hal ini diambil dari lokasi terdekat dari kota Makassar untuk memudahkan proses pengangkutan dan juga peneliti telah menganggap sebagai bagian yang mewakili dari seluruh limbah pabrik penggilingan padi yang ada di permukaan bumi ini. Pada proses ini peneliti akan mengambil sampel sebesar 2,75 m³ atau sebanyak 20 karung goni berukuran 0,25 x 0,25 x 0,70 m. Prediksi sampel ini setelah

mengalami pembakaran akan menyusut sebesar 3/4 dari jumlah sampel yang diambil. Berikut diagram pada tahap pengumpulan sampel ini. Gambar 15 adalah merupakan kondisi sekam padi yang telah peneliti ambil dari lokasi dan siap untuk diolah



Gambar 15 Limbah Sekam Padi Yang Telah Diambil Dari Lokasi dan Siap Untuk Diolah

3. Limbah Ampas Tebu

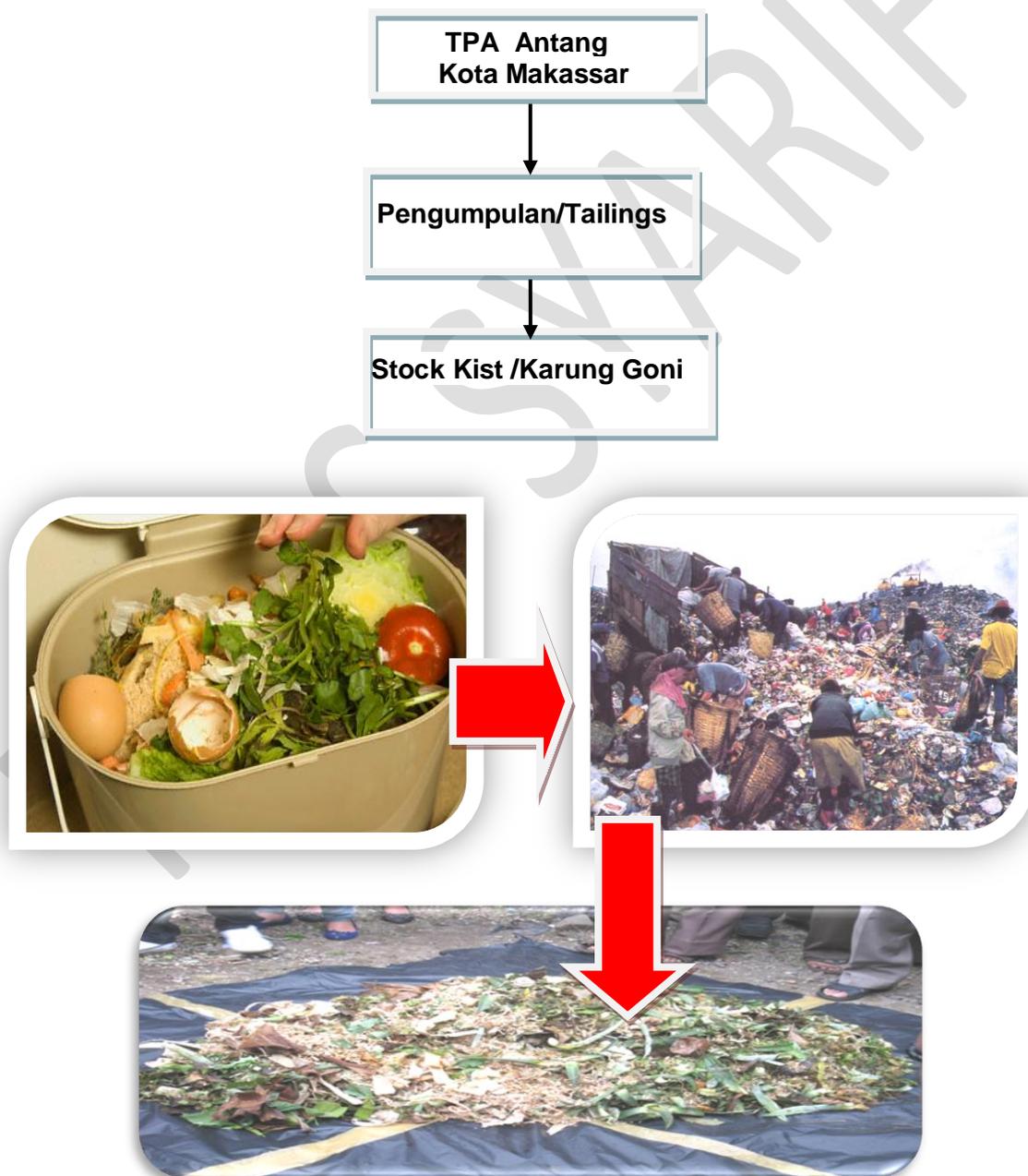
Limbah ampas tebu diperoleh dari hasil pembuangan/limbah pabrik penggilingan gula Kab Takalar, yang selanjutnya dibawa ke tempat pengumpulan bahan (Kota Makassar) yang disimpan kedalam wadah berkapasitas 0,20 m³. Dalam pengumpulan ini peneliti akan mengambil sampel sebesar 0,4 m³ sebagaimana yang tampak pada gambar 16. Berikut diagram pada tahap pengumpulan sampel ini.



Gambar 16. Limbah Ampas Tebu Yang Telah Diambil Dari Lokasi dan Siap Untuk Diolah

4. Sampah Organik

Limbah sampah organik diambil dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang di Kota Makassar. Pada bagian ini peneliti akan mengambil sampel sebesar 2,75 m³ atau sebanyak 20 karung goni berukuran 0,25 x 0,25 x 0,70 m. Prediksi sampel ini setelah mengalami pembakaran akan menyusut sebesar 1/3 dari jumlah sampel yang diambil. Berikut diagram pada tahap pengumpulan sampel ini dan pada gambar 17 diperlihatkan sampah organik yang telah diambil dari lokasi TPA



Gambar 17. Sampah Organik Yang Telah Diambil Dari Lokasi TPA dan Siap Untuk Diolah

Pada gambar 17 diatas tampak sampah organik yang telah diambil dari tempat pembuangan akhir dan siap untuk diolah pada proses selanjutnya.

B. Pembakaran Bahan Biotek Semen

Seluruh bahan yang telah dikumpulkan selanjutnya dibakar didalam pipe iron rotary machine yang dilengkapi dengan fire high pressure, material yang dibakar meliputi:

1. Pembakaran Tanah Meditern

Tanah Mediteren dibakar secara terkontrol hingga mencapai suhu tekanan 1400° C dengan putaran pipe iron rotary machine secara kontinyu selama 180 menit

2. Pembakaran Limbah sekam padi.

Limbah sekam padi dibakar dengan kontrol tekanan hingga mencapai 500° C serta putaran pipe iron rotary Machine secara kontinyu selama 120 menit.

3. Pembakaran Limbah Ampas Tebu.

Limbah ampas tebu dibakar dengan kontrol tekanan hingga mencapai 500° C serta putaran pipe iron rotary Machine secara kontinyu selama 120 menit.

4. Pembakaran Limbah Sampah Organik.

Limbah sampah organik dibakar dengan kontrol tekanan hingga mencapai 950° C serta putaran pipe iron rotary Machine secara kontinyu selama 180 menit.

C. Penghalusan Bahan Biotek Semen

Setelah seluruh material dibakar maka proses selanjutnya berupa penggilingan pada Draw Mill Machine untuk mencapai kehalusan yang disyaratkan. Pada tahap ini material di haluskan secara bertahap pada setiap bahan.

D. Pengujian Unsur Kimia Biotek Semen

Setelah seluruh material utama dihaluskan maka tahap berikutnya adalah pengujian kandungan unsur/senyawa kimia. Untuk mempermudah pengujian ini dan pada pengelolaan selanjutnya maka semua material utama akan diberi nama inisial yaitu:

1. Sampel Tanah Mediteren / S T M
2. Sampel Sekam Padi / S S P
3. Sampel Ampas Tebu / S A T
4. Sampel Sampah Organik / S S O

Kandungan senyawa kimia diteliti melalui uji laboratorium Departemen Pertambangan dan Energi Makassar yang dalam hal ini meliputi pengujian senyawa kimia sesuai pada lampiran 1 dan lampiran 2.

E. Pencampuran Bahan Biotek Semen

Pencampuran seluruh bahan yang telah digiling dan dihaluskan dilakukan didalam alat *Rotary Combaine Bulky Machine* setelah bahan diprosentasekan komposisinya terlebih dahulu, dimana komposisi bahan yang dimaksud berupa prosentase kandungan bahan sebagai rencana biotek semen.

F. Mix Design

Setelah seluruh Bahan siap untuk dilakukan uji tekan maka langkah selanjutnya adalah pencampuran material adukan yang dalam hal ini dibuat menurut cara SK-SNI dengan komposisi sebagai berikut:

1. Beton Biasa (Reference Concrete) / BBPCC

Untuk benda uji beton biasa dan beton biotek semen menggunakan material sesuai rancangan pada tabel 25.

2. Beton Biotek Semen/BBS

Untuk benda uji beton biasa dan beton biotek semen menggunakan material sesuai rancangan pada tabel 26.

G. Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Beton Benda Uji :

Beberapa hal yang sangat mempengaruhi kekuatan beton dalam penelitian uji kuat tekan dan kuat tarik sampel benda uji adalah:

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan yang berfungsi sebagai:

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
- b. Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut.

H. Sifat fisis Biotek Semen dan Semen Portland/PCC:

1. Kehalusan butiran

Semakin halus semen, maka permukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

3. Berat jenis dan berat isi

Berat jenis Biotek Semen adalah 3,01 kg/liter sedang untuk Semen Pcc adalah 3.16 kg/liter. Berat jenis ini sangat mempengaruhi proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar SNI.

3. Waktu ikat awal dan waktu ikat akhir

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi 2 yaitu :

a. waktu pengikatan awal (*initial setting*)

Waktu ikat awal semen pcc diuji dengan metode jarum vicat diameter 1 mm yang menembus pasta semen sedalam 24 mm pada menit ke-105 setelah jarum tersebut dilepaskan. Kadar air yang digunakan untuk pengujian pengikatan awal semen adalah kadar air konsistensi normal (25 %).

Waktu ikat awal biotek semen juga diuji dengan metode jarum vicat diameter 1 mm yang menembus pasta semen sedalam 25 mm pada menit ke-90 setelah jarum tersebut

dilepaskan. Kadar air yang digunakan untuk pengujian pengikatan awal semen adalah kadar air konsistensi normal (37 %). Menurut standar ASTM C-191, waktu pengikatan awal tidak boleh kurang dari 45 menit.

b. Waktu pengikatan akhir

waktu pengikatan akhir (*final setting*). Waktu pengikatan akhir semen pcc berada pada menit ke 180 sedang untuk biotek semen berada pada menit ke 330.

Menurut standar ASTM C-191, waktu pengikatan akhir tidak boleh lebih dari 375 menit.

4. Konsistensi Normal

Pengujian ini digunakan untuk menentukan prosentase air yang diperlukan untuk semen pcc maupun biotek semen dalam mencapai konsistensi normal. Air berpengaruh pada sifat workabilitas adukan beton, kekuatan, susut, dan keawetan betonnya.

I. Pengujian Sifat fisis Biotek Semen dan Semen Portland/PCC:

1. Pemeriksaan Biotek Semen dan Semen PCC

a. Berat Jenis

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan berat jenis semen pcc dan biotek semen yaitu perbandingan antara berat isi kering.

- Alat-alat yang Digunakan

➤ Botol *Le Chatelier*

➤ Timbangan

- Corong kaca
 - Gelas ukur dengan kapasitas 250 mL
 - Talam 2 buah
 - Kawat penusuk
 - Bak perendam
 - Termometer
- Bahan yang Digunakan
- Semen Portland/PCC dan Biotek Semen sebanyak 50 gram
 - Karosin
 - Air suling
- Prosedur Pemeriksaan
- Menyaring karosin pada gelas ukur dengan menggunakan kertas saring kurang lebih $\frac{1}{3}$ gelas ukur.
 - Selanjutnya menuangkan karosin ke dalam botol *Le Chatelier* sampai pada skala antara 0 – 1 dengan menggunakan corong kaca yang dilengkapi dengan selang agar dinding bagian dalam botol tidak basah.
 - Memasukkan botol *Le Chatelier* ke dalam bak perendam dan memasang kedua termometer yaitu satu di dalam botol dan satunya lagi di dalam bak perendam serta menyamakan suhunya untuk mencegah variasi suhu.
 - Mengamati suhu kedua termometer tersebut. Setelah suhunya sama, segera keluarkan botol tersebut dari bak perendam dan lakukan pembacaan pada skala botol (V_1).

- Memasukkan semen sebanyak 50 gram sedikit demi sedikit ke dalam botol dengan kawat penusuk, mengusahakan agar tidak terjadi penempelan semen pada dinding botol di atas permukaan cairan.
- Memutar botol secara perlahan-lahan dengan posisi agak miring, sehingga cairan di dalam botol bebas terhadap gelembung udara.
- Setelah suhu air sama dengan cairan di dalam botol, segera melakukan pembacaan pada skala botol (V_2).

- Rumus Perhitungan

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$$

Dimana :

V_1 = Pembacaan pertama skala botol

V_2 = Pembacaan kedua skala botol

d = Berat isi air suling = 1 gr/cm^3

- Hasil Perhitungan

Terlampir

b. Kehalusan

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan tingkat kehalusan semen pcc dan biotek semen dengan menggunakan saringan, dimana kehalusan adalah faktor yang penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air.

- Alat-Alat yang digunakan

- Saringan No.100, No. 200 dan pan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Talam dan kuas
- Bahan
 - Semen Pcc 2 x 50 gram dan Biotek Semen 2 x 50 gram
- Prosedur Pemeriksaan
 - Menimbang dan mencatat tiap saringan dalam keadaan bersih (A), kemudian menyusun dengan susunan saringan No.100, No. 200 dengan pan secara berurutan dari yang paling atas.
 - Menimbang semen sebanyak 2 x 50 gram (B).
 - Memasukkan contoh semen ke dalam susunan saringan tersebut, lalu menggoyangkan saringan sampai tidak ada lagi contoh semen yang lolos dari masing-masing saringan.
 - Membersihkan debu semen yang melekat pada bagian luar masing-masing saringan dengan menggunakan kuas.
 - Menimbang dan mencatat masing-masing berat saringan beserta isinya (C).
 - Mengitung berat contoh semen yang tertahan di atas masing-masing saringan ($D = C - A$).

Catatan : *Percobaan dilakukan sebanyak dua kali.*

- Rumus Perhitungan.

$$\text{Persentase Kehalusan} = \frac{D}{B} \times 100 \% = \frac{C - A}{B} \times 100 \%$$

Dimana :

D = Berat tertahan tiap saringan

B = Berat contoh semen pcc dan biotek semen

- Hasil Perhitungan

Terlampir

c. Konsistensi Normal Semen

- Tujuan Pemeriksaan

Menentukan waktu permulaan pengikatan terhadap semen pcc dan biotek semen (dalam keadaan konsistensi normal) dengan menggunakan alat vicat.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Mesin aduk (*mixer*) dengan menggunakan daun pengaduk dari yang tahan karat serta mangkuk yang dapat lepas
- Alat vicat dan cincin konis
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Gelas ukur kapasitas 150 cc atau 200 cc
- Pelat kaca
- Alat penggorek (*scraper*)
- Sarung tangan karet
- Spatula
- Talam
- *Stopwatch*

- Bahan yang Digunakan

- Semen pcc sebanyak 500 gram.
- Biotek semen sebanyak 500 gram
- Air suling

- Prosedur Pemeriksaan

- Pencetakan Pasta

- Memasang daun pengaduk dan mangkuk bebas air pada mesin pengaduk (*mixer*).
- Memasukkan bahan-bahan kedalam mangkuk dengan cara :
 - Menuangkan semen pcc atau biotek semen kedalam mangkuk.
 - Menuangkan air kedalamnya sebanyak 125 cc untuk biotek semen dan 120 cc untuk semen pcc dan membiarkannya bereaksi selama 30 detik (dihitung pada saat mulainya semen bersentuhan dengan air).
- Menjalankan *mixer* dengan kecepatan rendah (140 ± 5) rpm selama 30 detik.
 - Menghentikan mesin pengaduk selama 15 detik dan selama jangka waktu tersebut kami mengumpulkan pasta yang menempel pada dinding mangkuk dengan *scraper*.
 - Menjalankan kembali mesin pengaduk dengan kecepatan sedang (285 ± 10) rpm, selama 60 detik.
 - Segera membentuk bola pasta dengan kedua tangan terbungkus dengan sarung tangan karet, lalu melemparkan 6 (enam) kali dari tangan kiri ke tangan kanan atau sebaliknya dengan jarak lemparan ± 15 cm.
 - Memasukkan bola-bola pasta kedalam cincin konis (g) dimana posisi cincin terbalik (lubang besar terletak diatas dan lubang kecil dibawah) dan dialasi dengan pelat kaca.

- mencincang bola-bola pasta didalam cincin konis dengan menggunakan spatula, agar volume cincin terisi penuh oleh pasta.
- Meratakan permukaan pasta dengan menggunakan spatula dengan cara sekali gerakan, lalu menutupnya dengan menggunakan pelat kaca sambil memutar-mutar agar permukaannya licin.
- Membalik posisi cincin bersama pelat kaca, lalu meratakan dan melicinkan permukaannya dengan cara pelat kaca tersebut ditarik dalam 1 (satu) kali tarikan.

➤ Penentuan Konsistensi Normal

- Memusatkan cincin berisi pasta tepat di bawah batang jarum, lalu menempatkan ujung jarum pada permukaan pasta dan mengunci indikator.
- Menempatkan indikator pada angka nol.
- Melepaskan batang jarum kedalam pasta.
- Konsistensi normal tercapai bila batang jarum masuk kedalam pasta sedalam 10 ± 1 mm dibawah permukaan selama 30 detik.

- Rumus Perhitungan

$$\text{Jumlah Kebutuhan Air} = \frac{A \times B}{100}$$

Dimana :

A = Konsistensi Normal yang diperoleh dari percobaan

B = Berat semen yang dipakai dalam percobaan

- Hasil Perhitungan

Terlampir

d. Waktu ikat Awal dan Akhir

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan waktu ikat awal dan akhir dari semen PCC dan biotek semen dalam kondisi normal dengan menggunakan alat vicat.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Mesin pengaduk (*mixer*) dengan daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang mudah lepas.
- Alat vicat dan cincin konis
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Gelas ukur dengan kapasitas 150 cc atau 200 cc
- Sarung tangan karet
- *Stop watch*
- Spatula
- Alat pengorek (*scraper*)
- Talam
- Ruang lembab yang mampu memberikan kelembaban relatif minimal 90 %

- Bahan yang Digunakan

- Semen pcc dan biotek semen masing-masing sebanyak 500 gram
- Air Suling

- Prosedur Pemeriksaan

- Pencetakan pasta (pencetakan pasta seperti konsistensi normal)
- Penentuan waktu ikat :
 - Segera memasukkan benda uji kedalam ruangan lembab dan membiarkannya selama 45 menit.
 - Setelah 45 menit diruang lembab, kami menempatkan benda uji pada alat vicat, menurunkan jarum sehingga menyentuh permukaan pasta, mengeraskan sekrup dan menempatkan indikator pada bacaan angka nol.
 - Melepaskan batang jarum dengan memutar sekrup dan membiarkannya menyentuh indikator.
 - Memasukkan kembali benda uji tersebut kedalam ruang lembab,dan membiarkannya selama 15 menit.
 - Mengulangi bagian awal dan seterusnya.

Catatan :

- *Waktu ikat awal tercapai apabila penetrasi ≤ 25 mm. sedangkan waktu ikat akhir tercapai apabila jarum tidak menembus lagi pada permukaan pasta (penetrasi = 0).*

- Hasil Perhitungan

Terlampir

e. Berat Volume Semen

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan berat semen dalam suatu satuan volume dengan dua kondisi yaitu kondisi padat dan kondisi gembur.

- Alat-Alat yang Digunakan

➤ Timbangan

- Sekop/sendok agregat
- Wadah baja berbentuk silinder (bohler)
- Mistar perata
- Tongkat pemadat dengan diameter 15 mm dan panjang 60 cm
- Talam
- Kuas
- Prosedur Pemeriksaan
 - Kondisi Gembur
 - Menimbang dan catat berat bohler dalam kondisi kosong (A).
 - Memasukkan contoh semen kedalam bohler hingga penuh, meratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - Membersihkan sisa-sisa semen yang jatuh ke dasar wadah bohler dengan menggunakan kuas.
 - Menimbang dan mencatat berat bohler beserta isinya (B).
 - Menghitung berat contoh semen ($C = B - A$).
 - Mengukur dimensi dan hitung volume bohler (D).
 - Kondisi Padat
 - Menimbang dan mencatat berat bohler dalam kondisi kosong (A).
 - Memasukkan contoh semen kedalam bohler dengan tiga lapisan yang kira-kira sama tebalnya. Masing-masing lapisan dipadatkan dengan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata.

- Meratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata, lalu membersihkan sisa-sisa contoh semen yang jatuh kedalam wadah dengan menggunakan kuas.
- Menimbang dan mencatat berat bohler beserta isinya (B).
- Menghitung berat contoh semen ($C = B - A$).
- Mengukur dimensi dan hitung volume bohler (D).

Catatan :

- *Masing – masing kondisi dilakukan minimal 2 kali*
- *Tusukan tongkat pemadat masuk tepat pada bagian bawah dari masing- masing lapisan.*

- Perhitungan :

$$\text{Berat Volume} = \frac{C}{D} (\text{Kg/Liter})$$

Dimana :

C = Berat semen (Kg)

D = Volume contoh semen atau volume bohler (Liter)

➤ Hasil Perhitungan

Terlampir

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Karakteristik agregat terbagi dua, yaitu :

- Agregat Halus
- Agregat Kasar

a. Pemeriksaan Agregat Kasar

- Analisa Saringan Agregat Kasar
 - Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan ukuran butir agregat kasar dan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan ASTM.

- Alat-Alat yang Digunakan
 - Timbangan dengan ketelitian 1,0 gram.
 - Saringan ASTM No. 1,5", No. 0,75", No. 0,375", dan No. 4.
 - Talam
 - Oven
 - Sekop
 - Kuas
- Bahan yang Digunakan

Agregat Kasar sebanyak 4400 gram
- Prosedur Pemeriksaan
 - Mengambil contoh agregat kasar sebanyak 2 x 2200 gram
 - Memasukkan dalam oven selama ± 24 jam.
 - Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.
 - Menimbang benda uji (A).
 - Menimbang dan mencatat berat dari masing-masing saringan dalam kondisi kosong (B).
 - Menyaring benda uji dengan saringan yang disusun dari yang terbesar diatas hingga yang terkecil dibawah secara berurutan.

- Menimbang dan mencatat berat benda uji + saringan untuk tiap saringan (C).
- Menghitung dan mencatat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan ($D = C - B$).

- Rumus Perhitungan

$$\% \text{ Tertahan} = \frac{D}{A} \times 100 \% = \frac{C-B}{A} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Kumulatif} = 100 \% - \% \text{ Kumulatif tertahan}$$

$$\text{Modulus Kehalusan (Fr)} = \frac{\sum (\% \text{ kumulatif tertahan})}{100 \%}$$

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ Kadar Air Agregat Kasar

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui besarnya kandungan air didalam agregat kasar, dan dapat digunakan untuk menentukan banyaknya air yang dibutuhkan dalam campuran beton yang direncanakan.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Timbangan dengan ketelitian 1,0 gram
- Talam
- Oven
- Sekop

- Bahan yang Digunakan

Agregat kasar 2 x 3000 gram

- Prosedur Pemeriksaan

- Mengambil contoh agregat kasar dengan cara perempatan.
 - Menimbang agregat sebanyak 2 x 3000 gram (A).
 - Memasukkan kedalam oven selama ± 24 jam.
 - Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.
 - Menimbang dan mencatat berat benda uji kering (B).
 - Menghitung berat air yang terdapat dalam agregat (C).
- Rumus Perhitungan

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{C}{A} \times 100 \% = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ Berat Volume Agregat Kasar

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan berat agregat kasar dalam satu satuan volume (kubikasi) dalam dua kondisi, yaitu kondisi gembur dan padat. Hal ini sangat penting untuk diketahui guna mengonversi satuan berat ke satuan volume yang umum digunakan di lapangan.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Wadah baja berbentuk silinder (bohler)
- Timbangan dengan ketelitian 1,0 gram
- Oven
- Sekop

- Tongkat pemadat dengan diameter 15 mm dan panjang 60 cm.
 - Mistar perata
 - Kuas
 - Talam
- Bahan yang Digunakan
- Agregat Kasar
- Prosedur Pemeriksaan
- Umum
 - Mengambil contoh agregat kasar sebanyak minimal 1,5 kapasitas wadah bohler dengan cara perempatan.
 - Contoh agregat kasar dikeringkan dalam oven selama \pm 24 jam.
 - Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalumembarkannya sejenak hinggadingin.
 - Kondisi Gembur
 - Menimbang dan mencatat berat wadah bohler dalam kondisi kosong (A).
 - Memasukkan benda uji kedalam bohler hingga penuh, lalu meratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - Membersihkan sisa-sisa agregat yang terdapat pada bagian bawah dan diluar bohler.
 - Menimbang dan mencatat berat wadah bohler beserta isinya (B).

- Menghitung berat benda uji ($C = B - A$).
- Mengukur dan menghitung volume bohler (D).
- Kondisi Padat
 - Menimbang dan mencatat berat wadah bohler dalam kondisi kosong (A).
 - Memasukkan benda uji kedalam bohler dengan tiga lapisan yang tebalnya sama.
 - Masing-masing lapisan dipadatkan dengan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan hingga penuh.
 - Meratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - Membersihkan sisa-sisa agregat yang terdapat pada bagian bawah dan diluar bohler.
 - Menimbang dan mencatat berat wadah bohler beserta isinya (B).
 - Menghitung berat benda uji ($C = B - A$).
 - Mengukur & menghitung volume wadah bohler (D).

Catatan : *masing-masing kondisi dilakukan sebanyak 2 (dua) kali.*

- Rumus Perhitungan

$$\text{Berat Volume} = \frac{C}{D} = \frac{B - A}{D} (\text{Kg/Liter})$$

- Hasil Perhitungan.

Terlampir

- Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Kasar

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan *Bulk and Apparent Specific Gravity* serta Absorpsi dari agregat kasar pada keadaan jenuh air kering permukaan atau *Surface Saturated Dry (SSD)* guna menentukan komposisi agregat dalam merencanakan campuran beton.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Timbangan dengan ketelitian 1,0 gram
- Keranjang besi (diameter 8 inch dan tinggi 2,5 inch)
- Oven
- Alat penggantung keranjang
- Lap (Handuk)
- Sekop
- Bak perendam

- Bahan yang Digunakan

Agregat Kasar sebanyak 1,5 kapasitas keranjang

- Prosedur Pemeriksaan

- Benda uji direndam selama ± 24 jam.
- Mengeluarkan benda uji dari bak perendam lalu menghamparkannya di atas karung goni, kemudian permukaannya dikeringkan dengan handuk sehingga air permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab. (kondisi SSD).
- Menimbang keranjang kosong di udara (A).
- Memasukkan contoh agregat kondisi SSD kedalam keranjang sebanyak maksimum sesuai kapasitas keranjang.

- Menimbang dan mencatat berat keranjang + contoh agregat kondisi SSD di udara (B).
- Menghitung contoh agregat kondisi SSD di udara ($C = B - A$).
- Mencelupkan keranjang + benda uji ke dalam air dengan temperatur $(73,4 \pm 3)^\circ\text{F}$, lalu menggoyangkannya sampai benda uji tersebut bebas dari gelembung udara.
- Menimbang dan catat berat keranjang + berat benda uji didalam air (D).
- Menimbang&mencatat berat keranjang dalam air (E).
- Mengitung contoh agregat di dalam air ($F = D - E$).
- Mengeluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian dikeringkan di dalam oven selama ± 24 jam.
- Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.
- Menimbang dan mencatat benda uji kering (G).

- Rumus Perhitungan

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{G}{G-C}$$

Bulk Specific Gravity :

$$\text{On Dry Basic} = \frac{G}{C-F}$$

$$\text{SSD Basic} = \frac{C}{C-F}$$

$$\text{Absorpstion} = \frac{C-G}{G} \times 100 \%$$

- Data Hasil Pengamatan

Terlampir

➤ Kadar Lumpur Agregat Kasar

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat kasar. Hal ini perlu diketahui karena memengaruhi pengikatan antara agregat dan pasta semen. Apabila kadar lumpurnya $> 1 \%$, maka pengikatan antara agregat dan pasta semen menjadi kurang baik (kurang kuat pengikatannya).

- Alat-Alat yang Digunakan

- Timbangan dengan kepekaan 1,0 gram
- Wadah pencuci
- Oven
- Talam
- Sekop
- Saringan No. 16 dan No. 200

- Bahan yang Digunakan

Agregat kasar 2 x 3000 gram

- Prosedur Pemeriksaan

- Mengambil contoh agregat kasar sebanyak 2 x 3000 gram dengan cara perempatan.
- Mengeringkan agregat tersebut dalam oven selama ± 24 jam.
- Mengeluarkan benda uji dari dalam oven lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.

- Menimbang dan mencatat berat agregat tersebut (A).
- Menyaring dengan menggunakan saringan No. 16 dan No.200.
- Mencuci agregat tersebut di dalam wadah hingga bersih dengan cara :
 - Setiap bekas air cucian yang akan dibuang, disaring kembali di atas saringan No. 200.
 - Material yang agak halus dan tertahan pada saringan No.200 digabung kembali dengan benda uji yang berbutir kasar.
 - Pencucian dihentikan apabila air cucian kelihatan bening (jernih).
- Benda uji yang telah dicuci bersih sebanyak 3 kali, lalu dikeringkan dalam oven, serta didiamkan sejenak hingga dingin.
- Menimbang dan mencatat berat agregat (B).
- Menghitung berat lumpur yang terkandung oleh agregat (C = B - A).

- Rumus Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{C}{A} \times 100 \% = \frac{A - B}{A} \times 100 \%$$

- Hasil Perhitungan

Terlampir

- Percobaan Keausan Agregat Kasar
 - Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan ketahanan agregat kasar atau kerikil terhadap gesekan atau keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles.

- Alat yang Digunakan

- Mesin Los Angeles, terdiri dari silinder baja tertutup kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28 inch). Silinder bertumpu pada kedua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji, penutup terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam, terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56 inch).
- Saringan 3/4", 1/2" dan 3/8"
- Timbangan dengan kepekaan 1,0 gram.
- Bo1a-bo1a baja dengan diameter rata-rata 4,8 cm (17/8 inch) dan berat masing-masing antara 390 - 445 gram
- Oven
- Talam

- Bahan yang Digunakan

Agregat kasar sesuai fraksi yang dibutuhkan dalam daftar dan telah dicuci bersih serta dikeringkan dalam oven selama ± 24 jam.

- Prosedur Pemeriksaan

- Mengambil contoh agregat kasar lalu menyaringnya dengan menggunakan saringan 3/4", 1/2" dan 3/8" secara berurutan.

- Mengambil contoh agregat yang lolos pada saringan 3/4" dan tertahan pada saringan 1/2" dan 3/8" masing-masing 3000 gram.
- Mencuci benda uji tersebut yang telah disaring lalu benda uji dimasukkan kedalam oven selama ± 24 jam.
- Mengeluarkan benda uji dari dalam oven lalu didiamkan sejenak hingga dingin.
- Menimbang benda uji tersebut masing-masing 2200 gram untuk saringan 1/2" dan 1". (total agregat = 3854 gram = A)
- Memasukkan agregat kedalam mesin Los Angeles lalu menghidupkan mesin tersebut sebanyak 500 putaran atau selama ± 15 menit.
- Mengeluarkan benda uji tersebut dari mesin lalu menyaringnya diatas saringan No. 8.
- Mencuci benda uji yang tertahan pada saringan No.8 lalu memasukkannya kedalam oven selama ± 24 jam.
- Menimbang dan mencatat berat benda uji tersebut (B).

- Rumus Perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100 \%$$

Dimana :

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan No.8 (gram)

- Hasil Perhitungan

Terlampir

b. Pemeriksaan Agregat Halus

➤ Analisa Saringan Agregat Halus

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui pembagian atau susunan gradasi dari suatu agregat halus (pasir) dengan menggunakan saringan ASTM.

- Alat–Alat yang Digunakan

- Timbangan dengan ketelitian sampai 1,0 gram
- 1 (satu) set saringan ASTM, masing-masing

No. 4 (4,75 mm)

No.8 (2,38 mm)

No. 16 (1,19 mm)

No. 30 (0,592 mm)

No. 50 (0,297 mm)

No. 100 (0,149 mm)

- Talam
- Oven

- Bahan yang Digunakan

Agregat halus ± 3000 gram diambil dengan cara perempatan

- Prosedur Pemeriksaan

• Tahap Persiapan

- Mengambil benda uji sebanyak lebih dari yang dibutuhkan.
- Contoh pasir lalu dioven ± 3000 gram selama ± 24 jam.

• Tahap Pelaksanaan

- Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.
- Menimbang benda uji sebanyak 3000 gram (A).
- Menimbang dan catat berat tiap saringan dalam kondisi kosong (B).
- Menyusun saringan dengan urutan No. 4 terletak paling atas kemudian No.8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 dan pan terletak dibawahnya secara berurutan.
- Memasukkan benda uji kedalam susunan saringan diatas lalu menyaring benda uji tersebut.
- Memisahkan setiap saringan dengan terlebih dahulu lalu membersihkan bagian bawah pada setiap saringan dengan kuas, agar pasir yang tertinggal pada bagian bawah saringan jatuh kesaringan berikutnya.
- Menimbang tiap saringan + benda uji dan catat beratnya (C).
- Menghitung benda uji yang tertahan pada masing-masing saringan ($D = C - B$).

- Rumus Perhitungan

- Persentase tertahan persaringan

$$\frac{D}{A} \times 100 \% = \frac{C - B}{A} \times 100 \%$$

- Persentase kumulatif lolos

$$100 \% - (\% \text{ kumulatif tertahan})$$

- Modulus Kehalusan

$$\frac{\sum (\% \text{ kumulatif tertahan})}{100 \%}$$

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ Kadar Air Agregat Halus

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui kandungan air dalam agregat halus guna menentukan banyaknya air yang dibutuhkan dalam campuran beton yang direncanakan.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Oven
- Talam
- Timbangan dengan ketelitian 1,0 gram
- Sekop/Sendok Agregat

- Bahan yang Digunakan

Agregat halus (pasir) 2 x 3000 gram

- Prosedur Pemeriksaan

- Tahap Persiapan
 - Menyiapkan bahan dan peralatan.
 - Menimbang talam dalam keadaan kosong (A).
 - Memasukkan benda uji 2 x 3000 gram ke dalam talam kemudian menimbang beratnya (B).
 - Menghitung berat benda uji ($C = B - A$).
 - Mengeringkan benda uji di dalam oven selama ± 24 jam.
- Tahap Pelaksanaan

- Mengeluarkan talem yang berisi benda uji dari oven.
- Mendinginkan benda uji, lalu menimbang dan mencatat berat benda uji kering beserta talem (D).
- Hitung berat benda uji kering ($E = D - A$).

- Rumus Perhitungan

$$\text{Kadar air} = \frac{C - E}{C} \times 100 \%$$

Dimana : C = Berat benda uji semula (basah)

E = Berat benda uji kering

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ Berat Volume Agregat Halus

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan atau mengetahui berat volume pasir dalam kondisi gembur atau padat.

➤ Alat-Alat yang Digunakan

- Talem
- Oven
- Bohler
- Timbangan
- Tongkat pemadat (diameter 15 mm & panjang 60 cm)
- Mistar perata
- Kuas
- Sekop/sendok agregat

➤ Bahan yang Digunakan

Agregat halus (pasir) 2 x 3000 gram

➤ Prosedur Pemeriksaan

- Tahap persiapan
 - Mengambil agregat halus sebanyak 1,5 kali kapasitas bohler.
 - Mengeringkan agregat halus di dalam oven selama \pm 24 jam.
 - Mengeluarkan agregat halus dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin.
- Tahap Pelaksanaan
 - Kondisi Gembur
 - Menimbang dan mencatat berat bohler dalam keadaan kosong (A).
 - Memasukkan benda uji kedalam bohler hingga penuh, lalu meratakan permukaannya dengan mistar perata.
 - Membersihkan sisa agregat halus yang terdapat pada bagian luar bohler dengan menggunakan kuas.
 - Menimbang dan mencatat berat bohler + benda uji (B).
 - Mengitung berat benda uji ($C = B - A$).
 - Mengukur dan menghitung volume bohler (D).
 - Kondisi Padat
 - Menimbang dan mencatat berat bohler dalam keadaan kosong (A).

- Memasukkan benda uji dalam 3 lapisan yang sama tebalnya (setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali).
- Meratakan permukaannya dengan mistar perata, lalu membersihkan sisa bahan yang terdapat pada bagian luar bohler dengan menggunakan kuas.
- Menimbang wadah dan benda uji (B) lalu menghitung berat benda uji ($C = B - A$).
- Mengukur dan menghitung volume bohler (D).

➤ Rumus Perhitungan

$$\text{Berat Volume} = \frac{C}{D} = \frac{B-A}{D} (\text{Kg/Liter})$$

➤ Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ **Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus**

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan *bulk and apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C128 guna menentukan volume agregat halus dalam beton.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Saringan No. 4
- Talam
- Karung goni
- Wadah perendaman
- Piknometer
- Timbangan

- *Metal sand cone mold* + tongkat pemadat
- Oven
- Corong kaca
- Lap/handuk
- Bahan yang Digunakan
 - Agregat halus (pasir) 2 x 250 gram
 - Air suling
- Prosedur Pemeriksaan
 - Tahap Persiapan
 - Mengambil benda uji (pasir) sebanyak 2 x 250 gram dengan cara perempatan.
 - Merendam benda uji tersebut ke dalam air (wadah perendaman) selama \pm 24 jam. .
 - Tahap Pelaksanaan
 - Mengeluarkan benda uji dari wadah perendaman dan menghamparkannya di atas karung goni lalu menggosok permukaannya dengan lap/handuk hingga mencapai kondisi FFC (*Free Flowing Condition*).
 - Contoh pasir FFC dimasukkan ke dalam *metal sand cone mold* dengan 3 (tiga) lapisan, dimana lapisan pertama dan kedua dipadatkan masing-masing 8 (delapan) kali tumbukan sedangkan lapisan ketiga dengan 9 (sembilan) kali tumbukan. Proses pemadatan ini dilakukan sampai mencapai kondisi SSD (*Surface Dry Condition*).

- Kondisi SSD ini diperoleh jika kerucut pasir (*metal sand cone mold*) diangkat perlahan secara vertikal dan contoh pasir telah mengalami keruntuhan (*failure*).
- Menimbang dan mencatat berat piknometer dalam kondisi kosong (A).
- Menimbang benda uji (pasir SSD) sebanyak 2 x 250 gram (B).
- Memasukkan benda uji ke dalam piknometer, lalu menambahkan air ke dalamnya hingga menjadi 90 % dari kapasitas piknometer.
- Menggoyangkan piknometer secara hati-hati dengan posisi agak miring agar bebas terhadap gelembung udara.
- Merendam piknometer yang berisi pasir dan air ke dalam bak perendam selama ± 24 jam.
- Menimbang dan catat berat piknometer + pasir + air (C).
- Menimbang dan catat berat talam (X).
- Mengeluarkan benda uji (pasir) dari dalam piknometer lalu menempatkan pada talam tersebut kemudian memasukkannya ke dalam oven selama ± 24 jam.
- Mengisi piknometer dengan air suling sampai mencapai kapasitas sama pada kapasitas piknometer + pasir + air, kemudian menimbang dan mencatat berat picno + air (D).

- Mengeluarkan benda uji dari dalam oven, lalu membiarkannya sejenak hingga dingin, kemudian menimbang dan mencatat beratnya (Y).
 - Menghitung berat benda uji kering oven ($E = X - Y$).
- Rumus Perhitungan

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C}$$

Bulk Specific gravity

$$\text{On Dry Basic} = \frac{E}{B+D-C}$$

$$\text{SSD Basic} = \frac{B}{B+D-C}$$

$$\text{Absorption} = \frac{B-E}{E} \times 100 \%$$

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ Kadar Lumpur Agregat Halus

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan persentase lumpur yang terkandung dalam agregat halus dengan cara pengendapan.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Saringan no. 4
- Gelas ukur 2 buah dengan kapasitas 500 mL
- Kawat penusuk

- Bahan yang Digunakan

- Agregat halus (pasir)
- Air suling

- Prosedur Pemeriksaan

- Menyaring benda uji dengan saringan No. 4.
- Memasukkan benda uji yang lolos saringan No. 4 tersebut ke dalam gelas ukur sebanyak 1/3 dari kapasitas gelas ukur.
- Menuangkan air suling ke dalam gelas ukur dengan ketentuan air lebih tinggi dari permukaan pasir (2/3 dari kapasitas gelas ukur).
- Menggoyangkan gelas ukur dalam posisi miring hingga tidak terdapat gelembung udara di dalam gelas ukur, kemudian meratakan permukaan benda uji dengan kawat penusuk.
- Menyimpannya ditempat yang aman selama ± 24 jam.
- Setelah disimpan selama ± 24 jam, kemudian diamati dan dibaca skala gelas ukur dari volume total yaitu volume pasir + volume lumpur (V_2).
- Mengukur volume pasir (V_2).

Catatan : *percobaan ini dilakukan minimal dua kali.*

- Rumus Perhitungan

$$\% \text{ kadar lumpur} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 \%$$

Dimana :

V_1 = Volume pasir + Volume Lumpur

V_2 = Volume Pasir

- Hasil Perhitungan

Terlampir

➤ **Kadar Organik Agregat Halus**

- Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui banyaknya bahan organik yang terkandung dalam agregat halus.

- Alat-Alat yang Digunakan

- Saringan No. 4
- Piknometer 1 buah
- Talam
- Gelas Ukur
- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Pengaduk/Spatula
- Sendok agregat
- Standar warna (*organic plate*)

- Bahan yang Digunakan

- Agregat halus (pasir) sebanyak 115 gram
- Air suling sebanyak 150 mL dan larutan NaOH

- Prosedur Pemeriksaan

- Mengambil contoh pasir dengan cara perempatan dan menggunakan saringan No. 4.
- Memuat larutan NaOH 3 % dari volume air.
- Memasukkan contoh pasir ke dalam piknometer.
- Menuangkan larutan NaOH 3 % kedalam piknometer yang telah terisi contoh pasir dengan ketentuan bahwa permukaan larutan NaOH 3 % lebih tinggi dari permukaan contoh pasir.

- Mengocok piknometer yang telah berisi pasir + larutan NaOH 3 % sampai bebas dari gelembung udara lalu mendingkannya selama \pm 24 jam.
 - Melakukan pembacaan terhadap warna cairan yang nampak diatas permukaan benda uji dan membandingkannya dengan standar warna yang ada (No. 1, 2 dan 3).
- Data Hasil Pengamatan

Terlampir .

J. Pembuatan Benda Uji Beton Slinder

Dalam pembuatan sampel benda uji slinder beton baik dari biotek semen maupun semen pcc dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

1. Sebelum dimasukkan kedalam cetakan, terlebih dahulu dites nilai slumpnya sehingga mencapai nilai yang disyaratkan.
2. Memasukkan adukan beton kedalam cetakan yang telah dioles dengan minyak pelumas dengan tiga lapisan yang sama tebalnya, dimana setiap lapisan dipadatkan dengan 25 kali tumbukan.
3. Meletakkan cetakan yang berisi adukan beton diatas meja penggetar kurang lebih 15 detik, sehingga gelembung udara tidak nampak lagi.
4. Meratakan permukaannya kemudian disimpan selama 24 jam dan setelah itu dilepas dari cetakan, lalu direndam dalam wadah perendaman.
5. Selanjutnya satu hari sebelum pengetesan, benda uji dikeluarkan dari wadah perendaman bagi sampel yang pengerasannya dengan perendaman (water curing).

Pada gambar 18 dibawah ini menunjukkan kemasan material agregat kasar, agregat halus dan semen pcc serta kemasan material agregat

kasar, agregat halus dan biotek semen yang telah yang telah dikomposisikan sesuai mix design yang telah siap untuk dilakukan pengecoran beton benda uji slinder.



Gambar 18 Material yang telah dikemas untuk pengecoran benda uji



Gambar 19. Material benda uji beton slinder telah siap untuk pengecoran

Pada gambar 19 diatas menunjukkan material yang telah siap untuk dimasukkan kedalam molen beton untuk proses pengecoran. Sedang pada gambar 20 tampak peneliti sedang melihat adukan beton benda uji slinder yang sedang diputar/diaduk didalam molen.



Gambar 20. Tampak peneliti sedang melihat material benda uji beton slinder yang sedang diaduk didalam molen

Pada gambar 21 menunjukkan bekisting slinder beton yang akan digunakan telah dipersiapkan untuk pembuatan beton benda uji slinder.



Gamba 21 Bekisting Slinder beton telah dipersiapkan.

Gambar 22 memperlihatkan sampel benda uji slinder beton biotek semen dan pada gambar 23 memperlihatkan sampel benda uji slinder beton semen pcc yang masing-masing telah dikeluarkan dari bekisting dan telah diberi notasi berupa:

1. Tanggal pengecoran
2. Rencana tanggal uji tekan
3. Dan umur benda uji untuk siap tekan



Gambar 22. Sampel Slinder beton yang telah dibuat dari biotek semen



Gambar 23. Sampel Slinder beton yang telah dibuat dari semen pcc

K. Pengujian Slump

1. Tujuan Pemeriksaan

Untuk mengetahui nilai slump campuran beton sebagai dasar untuk menentukan tingkat pengerjaan (*workability*) campuran.

2. Alat-Alat yang Digunakan.

- a. Kerucut Abrams berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm, dan tinggi 30 cm
- b. Tongkat pemadat
- c. Pelat logam dengan permukaan yang rata dan kedap air
- d. Sekop dan sendok semen, serta mistar.

3. Prosedur Pemeriksaan

- a. Kerucut Abrams disiapkan dan diletakkan di atas lantai yang permukaannya rata.

- b. Memasukkan bubur beton kedalam kerucut Abrams secara bertahap yaitu sebanyak tiga lapisan yang kemudian dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan tiap bagian.
 - c. Setelah penuh, permukaannya diratakan lalu kami membersihkan campuran yang berada disekitar kerucut Abrams.
 - d. Kerucut diangkat secara perlahan-lahan.
 - e. Mengukur tinggi keruntuhan dari campuran beton segar yang terjadi dengan mengukur perbedaan tinggi antara bagian yang tertinggi dengan yang terendah, lalu mengambil nilai rata-rata dari keruntuhan tersebut.
 - f. Apabila belum mendapatkan nilai slump yang disyaratkan, maka diadakan pengetesan ulang sampai dicapai nilai slump yang dimaksud.
- Gambar 24 dan 25 memperlihatkan proses pengujian slump dan pengukuran nilai slump pada adukan beton untuk sampel benda uji.



Gambar 24 Proses pembuatan slump beton untuk sampel benda uji



Gambar 25 Proses pengukuran slump beton untuk sampel benda uji

4. Pengukuran Nilai Slump

$$\begin{aligned}\text{Nilai Slump rata-rata} &= \frac{10,7 + 13,4}{2} \\ &= 12,05 \text{ cm}\end{aligned}$$

L. Berat Isi Beton Segar

1. Tujuan Pemeriksaan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi beton.

2. Alat-Alat yang Digunakan

- a. Silinder yang terbuat dari logam
- b. Timbangan dengan kepekaan 1,0 gram
- c. Tongkat pemadat dengan diameter 16mm, dan panjang 30 cm dan terbuat dari baja
- d. Mistar perata

3. Bahan yang Digunakan

Campuran beton segar sesuai dengan kapasitas takaran.

4. Prosedur Pemeriksaan

- a. Menimbang berat silinder.
- b. Memasukkan beton segar kedalam silinder secara bertahap yaitu sebanyak tiga lapisan yang kemudian dipadatkan sebanyak 10 kali tumbukan lalu digetarkan dengan mesin penggetar.
- c. Setelah penuh, kemudian permukaan diratakan, lalu bagian permukaan diratakan dengan mistar perata dan sisa campuran yang melekat pada sisi silinder dibersihkan.
- d. Selanjutnya menimbang selinder yang telah berisi campuran beton.

5. Rumus Perhitungan

$$\text{Berat benda uji} = (\text{Berat cetakan} + \text{Isi}) - \text{Berat cetakan}$$

$$\text{Volume Selinder} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$$

$$\text{Berat Volume Beton} = \frac{\text{Berat beton}}{\text{Volume silinder}} (\text{kg/m}^3)$$

6. Hasil Perhitungan

Pada tabel 28 menunjukkan berat isi beton segar untuk beton biotek semen dan beton semen pcc.

Tabel 28. Berat Beton Segar Dengan Biotek Semen dan Semen PCC

	Biotek Semen	Semen PCC
Berat cetakan silinder	10,27 kg	10,45 kg
Berat Benda Uji	22,24 -10,27 = 11,97 kg	24,21 -10,45 = 13,76 kg
Volume Slinder	0,0053	0,0053

M. Perawatan (*curing*)

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman (*water curing*) dan pengeringan (*dry curing*). Perawatan beton dengan *water curing* ini bertujuan untuk menjamin proses hidrasi semen pcc maupun biotek semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan beton dapat dihindari serta mutu beton yang diinginkan dapat tercapai. Selain itu kelembaban permukaan beton juga dapat menambah ketahanan beton terhadap pengaruh cuaca dan lebih kedap air. Adapun cara perendaman untuk metode *water curing* adalah sebagai berikut:

1. Setelah 24 jam maka cetakan beton silinder dibuka, lalu dilakukan perendaman terhadap sampel beton tersebut.
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari.
3. Sebelum beton direndam terlebih dahulu diberi nama pada permukaannya.

Gambar 26 menunjukkan metode perawatan beton biotek semen dengan cara *water curing* dan pada gambar 27 diperlihatkan metode *water curing* bagi beton semen pcc.



Gambar 26. water curing beton biotek Semen



Gambar 27. water curing beton semen pcc

Perawatan benda uji dengan cara pengeringan (dry curing). bertujuan untuk membandingkan proses hidrasi dan pengerasan semen pcc maupun biotek semen terhadap metode water curing. Adapun cara perendaman untuk metode water curing adalah sebagai berikut:

1. Setelah 24 jam maka cetakan beton selinder dibuka, lalu dilakukan pengeringan alami terhadap sampel beton tersebut.
2. Pengeringan dilakukan sampai umur beton 28 hari.
3. Sebelum cetakan beton dibuka maka terlebih dahulu diberi nama pada permukaan benda uji.

Gambar 28 menunjukkan metode perawatan beton biotek semen dengan cara dry curing dan pada gambar 29 diperlihatkan metode dry curing bagi beton semen pcc.



Gambar 28. Tampak perawatan dengan metode dry curing pada sampel benda uji biotek semen



Gambar 29. Tampak perawatan dengan metode dry curing pada sampel benda uji beton dengan semen pcc

N. Pengamatan dan Pengujian Sampel Beton

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada eksperimen yang peneliti lakukan adalah menggunakan benda uji berdasarkan SK SNI T - 15 - 1991 - 03 yaitu berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Adapun jumlah benda uji kuat tekan untuk Biotek Semen maupun untuk Semen PCC masing-

masing adalah 15 buah silinder untuk curing dry dan 15 buah untuk water curing, untuk uji kuat tarik belah masing-masing sebanyak 2 buah.

Sebagaimana telah diuraikan pada bab sebelumnya, konstruksi perkerasan kaku membutuhkan suatu bahan konstruksi beton yang mampu menahan kuat tekan dan kuat tarik belah. Oleh karena itu, dalam uji laboratorium ini parameter yang peneliti tinjau adalah kuat tekan dan kuat tarik dari beton yang menggunakan semen pcc dan yang menggunakan biotek semen.

Untuk metode pengujian kuat tarik yang dilakukan adalah pengujian kuat tarik tidak langsung yaitu kuat tarik belah berdasarkan SNI 03-2491-1991.

1. Tujuan Pemeriksaan

Untuk menentukan kuat tekan beton yang telah dibuat.

2. Alat-Alat yang Digunakan

- a. Timbangan dengan kepekaan 1,0 gram
- b. Mesin press beton.

3. Bahan yang Digunakan

Benda uji seilinder

4. Prosedur Pemeriksaan

- a. Benda uji yang telah direndam sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, diangkat dan dikeringkan, selanjutnya benda uji didiamkan selama satu hari (hal ini berlaku bagi sampel dengan metode perawatan water curing). Sedang untuk metode perawatan dry curing sampel langsung dimasukkan kedalam mesin uji tekan setelah masa waktu pengujiannya telah sesuai.
- b. Menimbang benda uji tersebut.

- c. Memasukkan benda uji tersebut pada mesin tekan secara sentris dimana posisi bagian atas dan bagian bawah permukaan harus rata.
- d. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

Pada gambar 30 dan gambar 31 menunjukkan proses penimbangan serta proses pengukuran suhu sampel benda uji sebelum dilakukan uji tekan.



Gambar 30. Penimbangan berat sampel benda uji



Gambar 31. Pengukuran suhu sampel benda uji

Pada gambar 32 sampai dengan 34 diperlihatkan proses uji tekan slinder beton biotek semen



Gambar 32. Tampak peneliti sedang menjalankan mesin tekan beton dengan sampel benda uji biotek semen.



Gambar 33. Tampak retakan beton dengan sampel benda uji biotek semen setelah ditekan dengan mesin uji tekan.



Gambar 34. Tampak jarum mesin uji tekan beton menunjukkan angka 30,75 kN dengan sampel benda uji biotek semen pada umur beton hari ke tiga.

2. Pengujian Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Langkah-langkah pengujiannya adalah :

- a. Menimbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan
- b. Silinder beton yang telah melalui perawatan dimasukkan kedalam mesin pengujian lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton
- c.. Mencatat hasil kuat tarik beton untuk tiap sampelnya.

Pada gambar 35 diperlihatkan proses uji tarik belah slinder beton pada umur beton hari ke dua puluh delapan dan pada Pada gambar 36 diperlihatkan hasil uji tarik belah slinder beton dengan biotek semen dan pada gambar 37 adalah hasil uji tarik belah slinder beton dengan semen pcc.



Pada gambar 35 Tampak Peneliti sedang melaukan proses uji tarik slinder beton biotek semen pada umur beton hari ke dua puluh delapan



Pada gambar 36 Hasil uji tarik slinder beton dengan biotek semen pada umur beton hari ke dua puluh delapan.



Pada gambar 37 Hasil uji tarik slinder beton dengan semen pcc pada umur beton hari ke dua puluh delapan

O. Hasil Pengujian Sampel Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

Berikut ini peneliti memperlihatkan data hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik sampel benda uji biotek semen maupun sampel benda uji beton semen pcc.

1. Hasil Uji Kuat tekan Beton Biotek Semen / BBS

Pada tabel 29 berikut ini menunjukkan data hasil pengujian sampel benda uji beton biotek semen dengan metode water curing sedang pada tabel 30 merupakan data pengujian dengan metode dry curing.

Tabel 29. Laporan Data Hasil Pengujian Beton Biotek Semen Metode Water Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	3	11.32	176.6	52.99	24.4	30.00
2	Slinder	3	11.25	176.6	52.99	24.6	30.75
3	Slinder	3	11.46	176.6	52.99	24.1	30.50
4	Slinder	7	11.23	176.6	52.99	24.9	37.50
5	Slinder	7	11.34	176.6	52.99	24.8	52.50
6	Slinder	7	11.28	176.6	52.99	24.6	45.00
7	Slinder	14	11.37	176.6	52.99	24.7	52.50
8	Slinder	14	11.45	176.6	52.99	24.7	63.75
9	Slinder	14	11.31	176.6	52.99	24.9	67.50
10	Slinder	21	11.01	176.6	52.99	24.0	75.00
11	Slinder	21	11.43	176.6	52.99	24.2	82.50
12	Slinder	21	11.40	176.6	52.99	24.2	86.25
13	Slinder	28	11.30	176.6	52.99	24.3	93.75
14	Slinder	28	11.30	176.6	52.99	24.6	105.00
15	Silinder	28	11.14	176.6	52.99	24.8	112.50

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 30. Laporan Data Hasil Pengujian Beton Biotek Semen Metode Dry Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	3	11.69	176.6	52.99	26.7	30.00
2	Slinder	3	11.49	176.6	52.99	26.4	30.75
3	Slinder	3	11.51	176.6	52.99	26.1	41.25
4	Slinder	7	11.38	176.6	52.99	30.8	45.00
5	Slinder	7	11.37	176.6	52.99	30.6	41.25
6	Slinder	7	11.31	176.6	52.99	29.1	45.00
7	Slinder	14	11.37	176.6	52.99	30.4	50.10
8	Slinder	14	11.45	176.6	52.99	30.6	50.00
9	Slinder	14	11.31	176.6	52.99	30.1	50.25
10	Slinder	21	12.06	176.6	52.99	31.02	82.50
11	Slinder	21	11.44	176.6	52.99	30.5	90.00
12	Slinder	21	11.84	176.6	52.99	29.96	105.00
13	Slinder	28	11.47	176.6	52.99	30.03	112.50
14	Slinder	28	11.10	176.6	52.99	30.41	127.50
15	Silinder	28	11.19	176.6	52.99	30.16	120.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

2. Hasil Uji Kuat tekan Beton Biasa Semen PCC / BS PCC

Pada tabel 31 berikut ini menunjukkan data hasil pengujian sampel benda uji beton semen pcc dengan metode water curing sedang pada tabel 32 merupakan data pengujian dengan metode dry curing.

Tabel 31. Laporan Data Hasil Pengujian Beton Semen PCC Metode Water Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	3	11.63	176.6	52.99	25.8	165.00
2	Slinder	3	11.60	176.6	52.99	25.6	142.50
3	Slinder	3	11.58	176.6	52.99	25.3	154.50
4	Slinder	7	11.10	176.6	52.99	25.1	195.00
5	Slinder	7	11.06	176.6	52.99	25.9	183.75
6	Slinder	7	11.01	176.6	52.99	25.3	187.50
7	Slinder	14	12.22	176.6	52.99	25.8	210.00
8	Slinder	14	12.12	176.6	52.99	25.8	215.00
9	Slinder	14	11.59	176.6	52.99	25.6	205.00
10	Slinder	21	11.01	176.6	52.99	24.87	320.00
11	Slinder	21	11.43	176.6	52.99	25.06	285.00
12	Slinder	21	11.64	176.6	52.99	25.0	345.00
13	Slinder	28	12.19	176.6	52.99	25.9	385.00
14	Slinder	28	11.91	176.6	52.99	25.1	375.00
15	Silinder	28	11.88	176.6	52.99	25.7	380.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 32. Laporan Data Hasil Pengujian Beton Semen PCC Metode Dry Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	3	12.06	176.6	52.99	27.9	157.50
2	Slinder	3	12.04	176.6	52.99	27.1	142.50
3	Slinder	3	12.01	176.6	52.99	26.9	158.50
4	Slinder	7	11.58	176.6	52.99	31.1	175.50
5	Slinder	7	11.67	176.6	52.99	30.9	195.00
6	Slinder	7	11.54	176.6	52.99	30.8	187.50
7	Slinder	14	11.55	176.6	52.99	30.8	200.00
8	Slinder	14	12.07	176.6	52.99	30.9	175.00
9	Slinder	14	12.89	176.6	52.99	30.8	210.00
10	Slinder	21	11.64	176.6	52.99	30.1	270.00
11	Slinder	21	12.08	176.6	52.99	30.01	365.00
12	Slinder	21	12.11	176.6	52.99	30.5	375.00
13	Slinder	28	12.84	176.6	52.99	30.8	355.00
14	Slinder	28	12.79	176.6	52.99	30.03	380.00
15	Silinder	28	12.55	176.6	52.99	30.8	385.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

3. Hasil Uji Kuat Tarik Beton Biotek Semen / BBS

Pada tabel 33 berikut ini menunjukkan data hasil pengujian kuat tarik sampel benda uji beton biotek semen dengan metode water curing sedang pada tabel 34 merupakan data pengujian dengan metode dry curing.

Tabel 33. Laporan Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Biotek Semen Metode Water Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	28	11.03	176.6	52.99	24.4	17.00
2	Slinder	28	11.15	176.6	52.99	24.2	15.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 34. Laporan Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Biotek Semen Metode Dry Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kg)
1	Slinder	28	11.56	176.6	52.99	31.05	25.00
2	Slinder	28	11.40	176.6	52.99	30.2	20.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

4. Hasil Uji Kuat Tarik Beton Biasa Semen PCC / BS PCC

Pada tabel 35 berikut ini menunjukkan data hasil pengujian kuat tarik sampel benda uji beton semen pcc dengan metode water curing sedang pada tabel 36 merupakan data pengujian dengan metode dry curing.

Tabel 35. Laporan Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Semen PCC Metode Water Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	28	11.88	176.6	52.99	25.24	90.00
2	Slinder	28	11.95	176.6	52.99	24.75	65.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 36. Laporan Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Semen PCC Metode Dry Curing

No	Kode	Umur	Berat (kg)	Luas bidang Tekan (cm ²)	Volume (cm ³)	Suhu (° C)	Beban Max (kN)
1	Slinder	28	12.35	176.6	52.99	30.52	120.00
2	Slinder	28	12.58	176.6	52.99	30..16	75.00

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

P. Bleeding Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

Bleeding merupakan suatu bentuk pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen sesaat setelah beton dicetak. Air yang berada didalam adukan beton segar didalam cetakan cenderung naik kepermukaan yang dalam hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh gravitasi akibat berat sendiri / specific sedimentation.

Dalam penelitian ini peneliti memandang sangat penting untuk menghitung nilai bleeding agar dapat membandingkan nilai bleeding beton segar pada beton dengan semen pcc terhadap nilai bleeding pada beton dengan biotek semen.

Gambar 38 berikut ini memperlihatkan kandungan air bleeding yang telah dimasukkan kedalam gelas ukur yang diambil dari permukaan beton segar sesaat setelah adukan dimasukkan kedalam cetakan slinder beton.



Gambar 38. Kandungan air bleeding benda uji yang telah dimasukkan kedalam gelas ukur.

Pada tabel 37 diperlihatkan jumlah besaran bleeding terhadap luasan dan berat benda uji silinder beton yang dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Bleeding} = V / A \dots\dots(\text{ml} / \text{cm}^2)$$

Dimana , V adalah volume air bleeding dari benda uji dalam ml

A adalah luas permukaan benda uji dalam cm^2

Tabel 37. Data Hasil Pengujian Bleeding Beton Untuk Biotek Semen Dan Semen PCC

	Biotek Semen		Semen PCC	
Berat Benda Uji	11,97	kg	13,76	kg
Volume Slinder	0,0053	m^3	0,0053	m^3
Luas Permukaan benda uji	176.63	cm^2	176.63	cm^2
Besarnya Bleeding Benda Uji (V)	8 ml		10	ml
Bleeding Terhadap Luas Benda Uji (A)	$8/176,63 = 0,045 \text{ ml/cm}^2$		$10/176,63 = 0,057 \text{ ml/cm}^2$	
Prediksi bleeding dalam 1m^3 beton	8,49	ml/cm^3	10,75	ml/cm^3

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Dari tabel diatas maka dapat dinyatakan bahwa untuk beton biotek semen dengan berat 11,97 kg memiliki nilai bleeding sebesar $0,045 \text{ ml/cm}^2$ sehingga prediksi bleeding untuk 1 m^3 beton biotek semen sebesar 8.49 ml/cm^3 . Sedang untuk beton semen pcc sebesar $0,057 \text{ ml/cm}^2$ dan prediksi untuk 1 m^3 beton semen pcc sebesar $10,75 \text{ ml/cm}^3$.

Q. Kandungan Udara Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

Kandungan udara pada beton juga merupakan hal yang teramat penting untuk diteliti dan dipahami. Semakin banyak kandungan udara didalam didalam beton maka akan semakin melemahkan beton dalam menerima beban.

Dalam penelitian ini peneliti menghitung nilai kadar udara sampel beton benda uji dalam kondisi beton segar. Kadar udara sampel benda uji dari biotek semen akan dibandingkan dengan nilai kadar udara beton segar dengan menggunakan semen pcc.

Pada gambar 39 sampai dengan gambar 41 berikut ini memperlihatkan proses pengukuran prosentase kandungan udara beton segar baik pada sampel beton biotek semen maupun beton semen pcc.



Gambar 39 Berikut ini memperlihatkan proses pengisian adukan beton segar kedalam alat pengukuran prosentase kandungan udara.



Gambar 40. Tampak peneliti sedang memasang penutup alat pengukuran prosentase kandungan udara.



Gambar 41. Tampak peneliti sedang melakukan pengukuran prosentase kandungan udara beton segar

Dari hasil pengukuran kandungan udara diperoleh hasil sesuai tabel 38 berikut ini :

Tabel 38 Kandungan Udara Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

	Beton Biotek Semen	Beton Semen PCC
Volume beton uji	0,0094 m ³	0,0094 m ³
Faktor koreksi pembacaan	1 %	1 %
Hasil pembacaan	2,4 %	2,6 %
Kadar udara hasil pembacaan	1,4 %	1,6 %
Kadar udara untuk 1 m ³ (prediksi)	1,48 %	1,70 %

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

R. Berat Unit Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

Berat unit beton segar dan berat beton kering antara semen pcc dan biotek semen sebagaimana yang ditunjukkan dalam tabel 39 dibawah ini.

Tabel 39. Berat Beton Segar Dengan Biotek Semen dan Semen PCC

	Biotek Semen	Semen PCC
Berat cetakan silinder	10,27 kg	10,45 kg
Berat Benda Uji	$22,24 - 10,27 = 11,97$ kg	$24,21 - 10,45 = 13,76$ kg
Volume Silinder	0,0053 cm ³	0,0053 cm ³
Berat Beton Segar	$11,97/0,0053 = 2258$ kg/m ³	$13,78/0,0053 = 2596$ kg/m ³
Berat Beton Kering (28 Hari)	$11,25/0,0053 = 2122$ kg/m ³	$12,73/0,0053 = 2402$ kg/m ³

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

S. Hasil Pengujian Sampel Beton Biotek Semen dan Beton Semen PCC

1. Akumulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan (Compressive Strength)

Pada tabel 39 berikut ini menunjukkan akumulasi hasil perhitungan kuat tekan antara biotek semen dan semen pcc dengan metode dry curing dalam satuan Mpa. Sedang pada tabel 41 menunjukkan akumulasi hasil perhitungan kuat tekan antara biotek semen dan semen pcc dengan metode Water Curing.

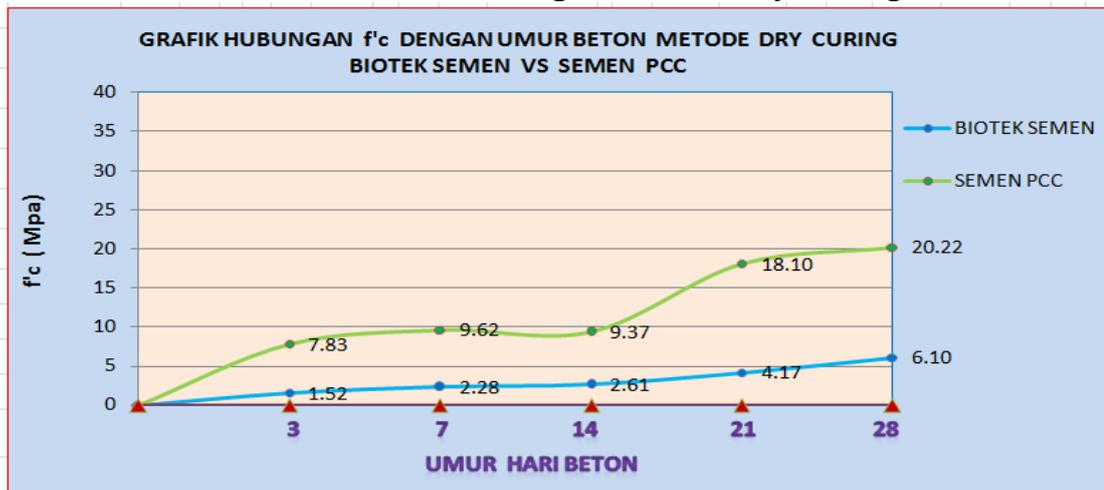
gambar 42 dan 43 menunjukkan grafik perbandingan kuat tekannya melalui metode dry curing dan water curing untuk biotek semen dan semen pcc.

Tabel 40. Akumulasi Hasil Perhitungan Kuat Tekan Metode Dry Curing

Silinder Beton	Kuat Tekan Beton (MPa) Umur 28 Hari				
	H - 3	H - 7	H - 14	H - 21	H - 28
Biotek Semen	1.52	2.28	2.61	4.17	6.10
Semen PCC	7.83	9.62	9.37	18.10	20.22

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 42. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Antara Biotek Semen Dan Semen PCC Dengan Metode Dry Curing



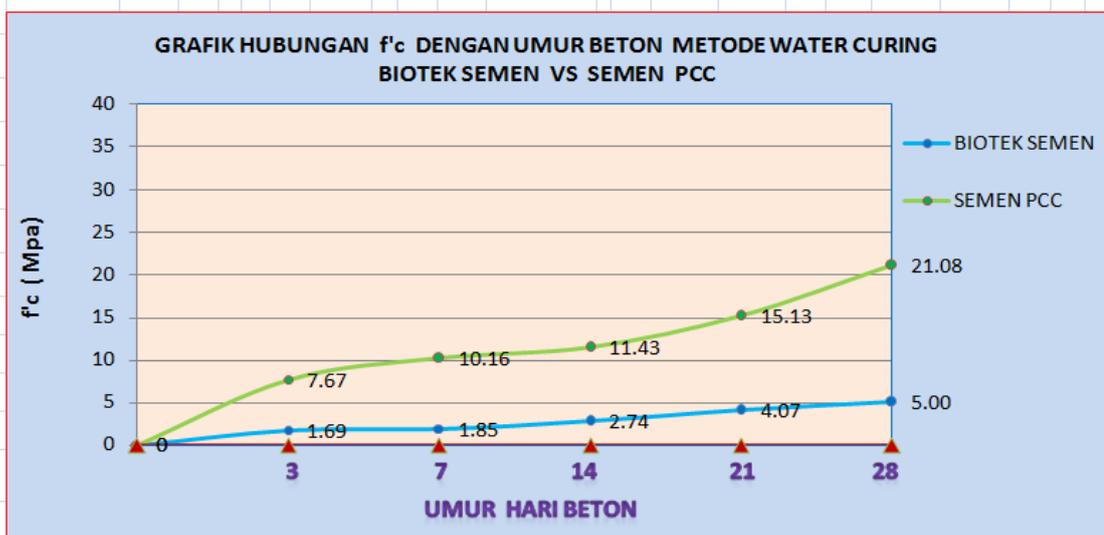
Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 41. Akumulasi Hasil Perhitungan Kuat Tekan Metode Water Curing

Silinder Beton	Kuat Tekan Beton (MPa) Umur 28 Hari				
	H - 3	H - 7	H - 14	H - 21	H - 28
Biotek Semen	1.69	1.85	2.74	4.07	5.00
Semen PCC	7.67	10.16	11.43	15.13	21.08

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 43. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Antara Biotek Semen Dan Semen PCC Dengan Metode Water Curing



Sumber: Peneliti, Syarif 2013

2. Akumulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik (Spilitting Test)

Pada tabel 42 berikut ini menunjukkan akumulasi hasil perhitungan kuat tarik antara biotek semen dan semen pcc dengan metode water curing dalam satuan Mpa. Sedang pada tabel 43 menunjukkan akumulasi hasil perhitungan kuat tarik antara biotek semen dan semen pcc dengan metode dry curing.

gambar 44 dan 45 menunjukkan grafik perbandingan kuat tarikannya melalui metode dry curing dan water curing untuk biotek semen dan semen pcc.

Tabel 42. Akumulasi Hasil Perhitungan Kuat Tarik Metode Water Curing

Silinder Beton	Kuat Tarik Beton (MPa) Umur 28 Hari				
	H - 3	H - 7	H - 14	H - 21	H - 28
Biotek Semen	-	-	-	-	0,30
Semen PCC	-	-	-	-	2,16

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 44. Grafik Perbandingan Kuat Tarik Antara Biotek Semen Dan Semen PCC Dengan Metode Water Curing



Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Tabel 43. Akumulasi Hasil Perhitungan Kuat Tarik Metode Dry Curing

Silinder Beton	Kuat Tarik Beton (MPa) Umur 28 Hari
----------------	-------------------------------------

	H - 3	H - 7	H - 14	H - 21	H - 28
Biotek Semen	-	-	-	-	0,48
Semen PCC	-	-	-	-	2,01

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 45. Grafik Perbandingan Kuat Tarik Antara Biotek Semen Dan Semen PCC Dengan Metode Dry Curing



Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Dari hasil pengujian kuat tekan benda uji silinder beton baik yang menggunakan semen pcc maupun biotek semen maka dapat diasumsikan sebagai berikut:

1. Kuat tekan yang menggunakan semen pcc dengan metode perawatan water curing mempunyai kemampuan sedikit lebih diatas dari beton benda uji silinder dengan menggunakan metode dry curing sehingga dapat dinyatakan bahwa metode water curing menghasilkan 21,08 Mpa berada diatas kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 Mpa. Sedang untuk metode dry curing menghasilkan 20,22 Mpa berada dibawah kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 Mpa, atau dapat juga dikatakan bahwa untuk metode water curing adalah $21,08 \text{ Mpa} > 20,75 \text{ Mpa}$ dan untuk metode dry curing sebesar $20,22 \text{ Mpa} < 20,75 \text{ Mpa}$.

2. Kuat tekan yang menggunakan biotek semen dengan perawatan water curing mempunyai kemampuan dibawah dari beton dengan menggunakan metode dry curing. Sehingga dapat dinyatakan bahwa metode water curing menghasilkan 5,00 Mpa berada dibawah kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 Mpa. Sedang untuk metode dry curing menghasilkan 6,10 Mpa juga berada dibawah kuat tekan yang disyaratkan sebesar 20,75 Mpa, atau dapat juga dikatakan bahwa untuk metode water curing adalah $5,00 \text{ Mpa} < 20,75 \text{ Mpa}$ dan untuk metode dry curing sebesar $6,10 \text{ Mpa} < 20,75 \text{ Mpa}$.
3. Perbandingan mutu ketahanan terhadap daya tekan antara beton semen pcc dengan beton biotek semen dinyatakan sebagai berikut :
 - a. Metode perawatan water curing.
 - Semen pcc = 21,08 Mpa
 - Biotek semen = 5,00 MpaSehingga semen pcc > biotek semen, atau
 $21,08 \text{ Mpa} > 5,00 \text{ Mpa}$
 - b. Metode perawatan dry curing.
 - Semen pcc = 20,22 Mpa
 - Biotek semen = 6,10 MpaSehingga semen pcc > biotek semen, atau
 $20,22 \text{ Mpa} > 6,10 \text{ Mpa}$
4. Kuat tarik belah yang menggunakan semen pcc dengan metode perawatan water curing mempunyai kemampuan sedikit lebih diatas dari beton yang menggunakan metode dry curing atau dapat

dinyatakan bahwa metode water curing yang menghasilkan 2,16 Mpa berada diatas kuat tarik belah metode dry curing yang menghasilkan 2,01 Mpa atau $2,16 \text{ Mpa} > 2,01 \text{ Mpa}$

5. Kuat tarik belah yang menggunakan biotek semen dengan metode perawatan water curing mempunyai kemampuan sedikit lebih dibawah dari beton yang menggunakan metode dry curing atau dapat dinyatakan bahwa metode water curing yang menghasilkan 0,30 Mpa berada dibawah kuat tarik belah metode dry curing yang menghasilkan 0,48 Mpa atau $0,30 \text{ Mpa} < 0,48 \text{ Mpa}$
6. Perbandingan mutu ketahanan terhadap daya tarik belah antara beton semen pcc dengan beton biotek semen dinyatakan sebagai berikut :

a. Metode perawatan water curing.

- Semen pcc = 2,16 Mpa
- Biotek semen = 0,30 Mpa

Sehingga semen pcc > biotek semen, atau
 $2,16 \text{ Mpa} > 0,30 \text{ Mpa}$

b. Metode perawatan dry curing.

- Semen pcc = 2,01 Mpa
- Biotek semen = 0,48 Mpa

Sehingga semen pcc > biotek semen, atau
 $2,01 \text{ Mpa} > 0,48 \text{ Mpa}$

T. Analisis Hipotesis

Dari uraian sebelumnya telah dikemukakan bahwa hipotesis dari penelitian ini adalah “ Mungkinkah biotek semen mampu membentuk pengikatan dan

memikul beban tekan serta tarik belah dalam kaitannya untuk menjadi alternatif lain dari semen portland/pcc.”

Dalam menjawab hipotesis tersebut maka setelah peneliti melakukan kajian-kajian eksperimental dilapangan dan dilaboratorium baik terhadap kajian fisis dan kajian kimianya maka selanjutnya peneliti melakukan pendekatan kajian uji statistik sebagai salah satu langkah untuk menyesuaikan hasil uji material terhadap pendekatan analisis.

Dalam uji statistik ini peneliti menggunakan metode analisis of variance (ANOVA) yang dapat diuraikan sebagai berikut:

Gambar 46. Data perbandingan kuat tekan semen pcc dan biotek semen

Slinder Beton	Kuat Tekan			
	Dry Curing		Water Curing	
	Biotek Semen	Semen PCC	Biotek Semen	Semen PCC
1	30	157.5	30	165
2	30.75	142.5	30.75	142.5
3	41.25	158.5	30.5	154.5
4	45	175.5	37.5	195
5	41.25	195	52.5	183.75
6	45	187.5	45	187.5
7	50.1	200	52.5	210
8	50	175	63.75	215
9	50.25	210	67.5	205
10	82.5	270	75	320
11	90	365	82.5	285
12	105	375	86.25	345
13	112.5	355	93.75	385
14	127.5	380	105	375
15	120	385	112.5	380

Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Hipotesis

Ho : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ Tidak ada perbedaan yang nyata antara rata-rata nilai uji tekan metode dry curing dan water curing terhadap beton biotek semen dengan Semen Pcc

Ho : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ Ada perbedaan yang nyata antara rata-rata nilai uji tekan metode dry curing dan water curing terhadap beton biotek semen dengan Semen Pcc

Tingkat signifikansi (α) = 5 %

Penyelesaian Dengan Rumusan:

Slinder Beton	Kuat Tekan					
	Dry Curing		Water Curing			
	Biotek Semen	Semen PCC	Biotek Semen	Semen PCC		
1	30	157.5	30	165		
2	30.75	142.5	30.75	142.5		
3	41.25	158.5	30.5	154.5		
4	45	175.5	37.5	195		
5	41.25	195	52.5	183.75		
6	45	187.5	45	187.5		
7	50.1	200	52.5	210		
8	50	175	63.75	215		
9	50.25	210	67.5	205		
10	82.5	270	75	320		
11	90	365	82.5	285		
12	105	375	86.25	345		
13	112.5	355	93.75	385		
14	127.5	380	105	375		
15	120	385	112.5	380		
ΣX_k	1021.1	3731.5	965	3748.25	9465.85	(ΣXT)
nk	15	15	15	15	60	(N)
Mean	68	249	64	250		
ΣX_k^2	9,299	300,241	17,752	326,572	653,864	(ΣXT^2)

RUMUS

$$JKk = \frac{\Sigma (\Sigma X_k)^2}{nk} - \frac{(\Sigma XT)^2}{N}$$

$$JKk = \frac{1021.1^2}{15} + \frac{3731.5^2}{15} + \frac{965^2}{15} + \frac{3748.25^2}{15} + \frac{9465.85^2}{60} - 936,625$$

$$69,510 \quad 928,273 \quad + \quad 62,082 \quad 1,493,372$$

$$JKk = 997,782 \quad + \quad 998,707 \quad - \quad 1,493,372$$

$$JKk = 503,117.4$$

$$\text{RUMUS} \Rightarrow JKT = (\sum X_T^2) + \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

$$JKT = 653,864 \quad \frac{9,466^2}{60}$$

$$JKT = 653,864 \quad 1,493,372$$

$$\underline{JKT = -839507.8}$$

$$\text{RUMUS} \Rightarrow JKd = JKT - JKk$$

$$JKd = -839507.8 - 503,117.4$$

$$\underline{JKd = (1,342,625.2)}$$

$$\underline{dbk = K - 1 = 4 - 1 = 3}$$

$$\underline{dbd = N - K = 60 - 4 = 56}$$

$$\underline{dbT = N - 1 = 60 - 1 = 59}$$

$$\text{RUMUS} \Rightarrow \quad MK_k = \frac{JK_k}{dbk} \quad \text{RUMUS} \Rightarrow \quad MK_d = \frac{JK_d}{dbd}$$

$$MK_k = \frac{503,117.4}{3}$$

$$MK_d = \frac{(1,342,625.2)}{56}$$

$$MK_k = 167,705.81$$

$$MK_d = (23,975.5)$$

$$\text{RUMUS} \Rightarrow \quad F = \frac{MK_k}{MK_d}$$

Df/db/dk
 - Dbk = K - 1 = 4 - 1 = 3 ----> V1
 - Dbd = N - K = 30 - 2 = 56 ----> V2

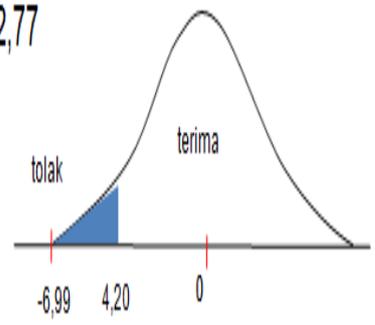
$$F = \frac{167,705.8}{(23,975.5)}$$

Nilai tabel
 - Nilai tabel F, $\alpha = 5\%$, df = 3 ; 56
 diperoleh F = 2,77

$$F = -6.99$$

Daerah penolakan

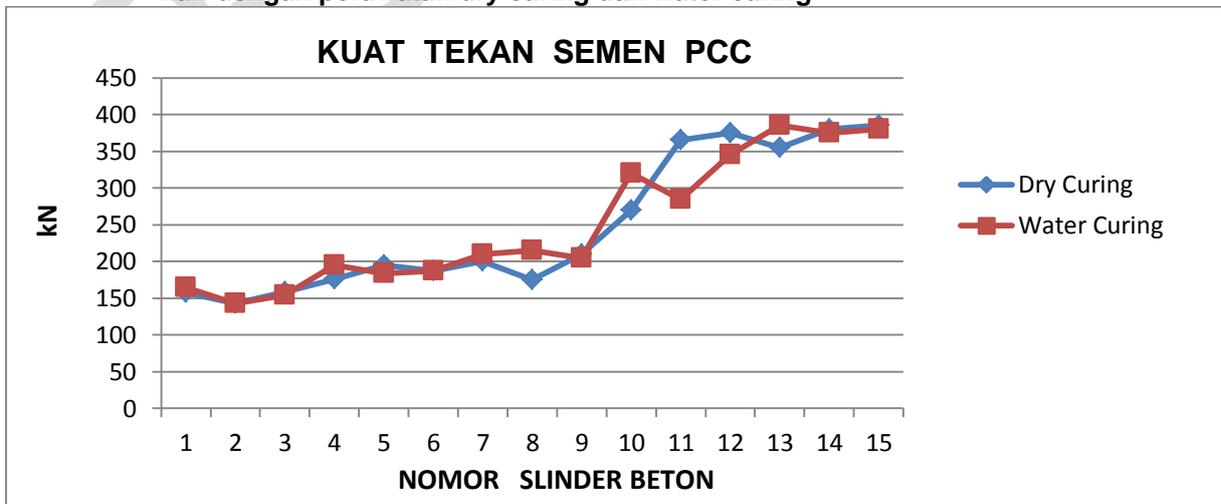
$$-6.99 < 2.77$$



Kesimpulan

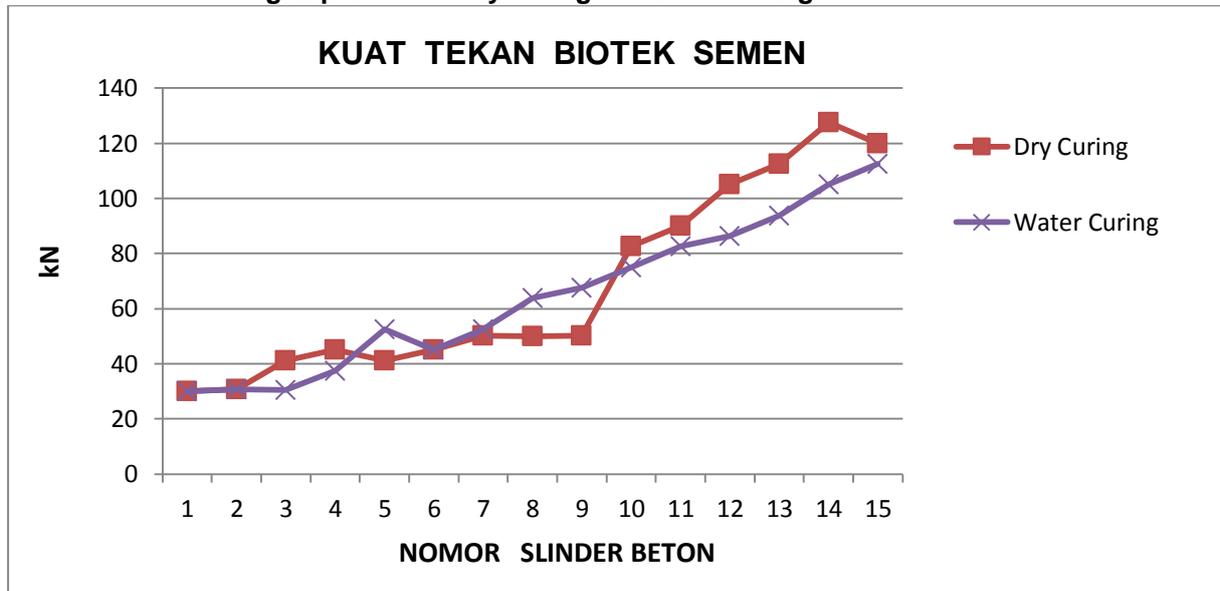
- Ho Diterima, Tidak ada perbedaan yang nyata antara rata-rata nilai uji tekan metode dry curing dan water curing terhadap beton biotek semen dengan Semen Pcc

Gambar 47. Grafik kuat tekan semen pcc seluruh benda uji silinder beton umur 3 sampai 28 hari dengan perawatan dry curing dan water curing



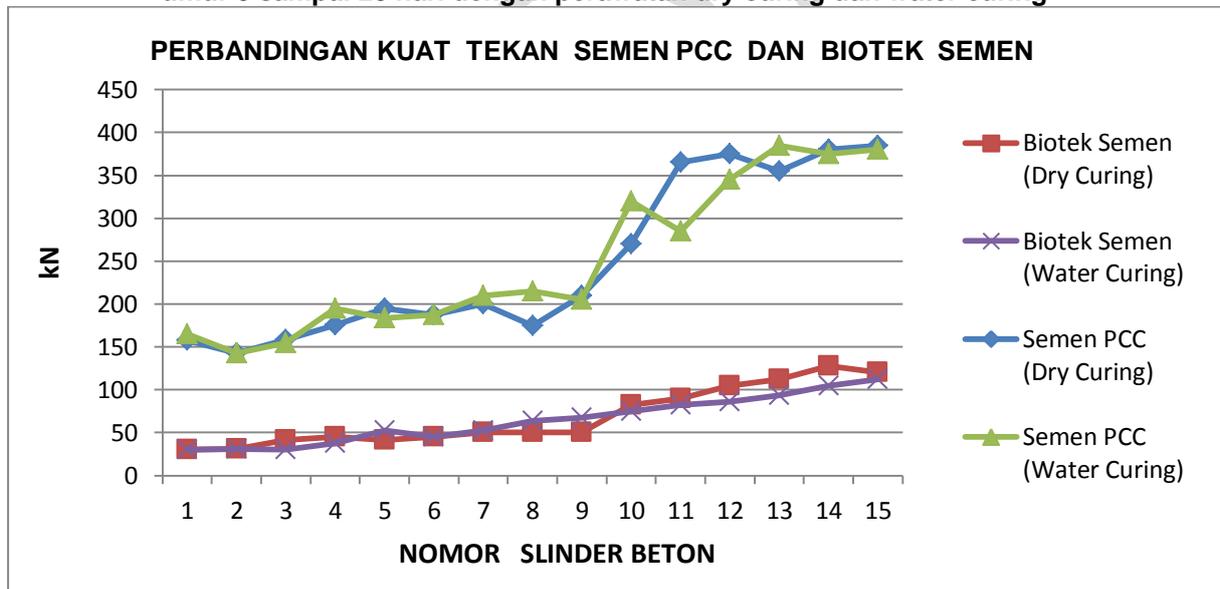
Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 48. Grafik kuat tekan biotek semen seluruh benda uji silinder beton umur 3 sampai 28 hari dengan perawatan dry curing dan water curing



Sumber: Peneliti, Syarif 2013

Gambar 49. Grafik kuat tekan semen pcc dan biotek semen seluruh benda uji silinder beton umur 3 sampai 28 hari dengan perawatan dry curing dan water curing



BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian eksperimental yang peneliti telah lakukan dalam upaya pembuatan dan pengujian biotek semen yang melalui beberapa kajian baik berupa kajian kimiawi maupun kajian fisis maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- i. Biotek semen mempunyai pendekatan nilai senyawa kimia dengan semen Portland/pcc sebagaimana uji unsur kimia yang telah dilakukan oleh PT. Sucofindo dan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Makassar yang tercantum sesuai lampiran 1 dan 2 pada laporan hasil penelitian ini.
- ii. Biotek semen mempunyai pendekatan nilai fisis dengan nilai fisis semen Portland/pcc dimana peneliti melakukan pengujian fisis yang mengacu pada SNI 15-2049-2004 dan SNI 15-7064-2004 yang mencakup pengujian kehalusan, berat jenis, kekekalan bentuk, berat volume, waktu pengikatan awal (initial setting) dan pengikatan akhir (final setting) dimana hasil pengujian sesuai lampiran 3 sampai dengan 7 pada laporan hasil penelitian ini.
- iii. Perbandingan mutu kuat tekan antara beton semen pcc dengan beton biotek semen dinyatakan sebagai berikut :
 - a. Metode perawatan water curing.
 - Semen pcc (21,08 Mpa) > Biotek semen (5,00 Mpa)
 - b. Metode perawatan dry curing.
 - Semen pcc (20,22 Mpa) > Biotek semen (6,10 Mpa)
- iv. Perbandingan mutu kuat tarik belah antara beton semen pcc dengan beton biotek semen dinyatakan sebagai berikut :
 - a. Metode perawatan water curing.
 - Semen pcc (2,16 Mpa) > Biotek semen (0,30 Mpa)
 - b. Metode perawatan dry curing.
 - Semen pcc (2,01 Mpa) > Biotek semen (0,48 Mpa)

Meskipun kemampuan biotek semen masih berada dibawah semen pcc namun dari kajian ekperimental yang peneliti lakukan telah ditemukan adanya indikasi kemampuan biotek semen untuk mampu menerima beban

tekan dan tarik belah sama dengan semen pcc. Hal ini terbukti dengan mampunya biotek semen berada 30 % dari beban tekan semen pcc pada metode dry curing dan 23,8 % pada metode water curing. Sedang pada tarik belah biotek semen berada 24 % dari kemampuan tarik belah semen pcc pada metode dry curing dan 13,9 % pada metode water curing.

B. Saran-saran

Dari hasil pengujian dan analisis maka peneliti menyarankan beberapa hal terhadap kaitannya dengan biotek semen pada penelitian ini yang berupa:

1. Bahwa untuk saat ini biotek semen belum dapat direkomendasikan dalam penggunaan pekerjaan struktural.
2. Dari hasil uji tekan, uji tarik belah beton silinder serta uji fisis biotek semen berupa waktu ikat akhir (final setting) maka dapat diasumsikan bahwa pada beton biotek semen telah ditemukan indikasi peningkatan kemampuan menahan beban (sesuai grafik uji tekan) sehingga untuk mencapai kemampuan menahan beban sesuai kuat rencana diperlukan waktu lebih lama dari waktu rencana (lebih dari 28 hari).
3. Demi mencapai tingkat kesempurnaan maka penelitian ini akan peneliti kembangkan dan melakukan kajian-kajian eksperimental lebih mendalam.

Lampiran 1. Komposisi Unsur Kimia Biotek Semen Dan Semen Pcc

No	Parameter	Komposisi Semen PCC		Biotek Semen	
		Sumber			
		ASTM (%)	SNI (%)		
1	Kapur	Ca O	63,9	65	65,36
2	Silika	SiO ₂	20,6	20	18,84
3	Alm Oksida	Al ₂ O ₃	5,07	6	6,33
4	Fery Oksida	Fe ₂ O ₃	2,9	6	2,29
5	Sulfur	SO ₃	2,53	3	3,64
6	Alkali	Na ₂ O + K ₂ O	0,88		1,01
7	Magnesium Oksida	MgO	1,53	6	1,35
8	Loss On Ignation	LOI	1,58	5	24,75
1	Trikalsium Silikat	C ₃ S	50 - 70	35 - 55	66,72
2	Dikalsium Silikat	C ₂ S	15 -30	15 - 35	3,98
3	Trikalsium Alluminat	C ₃ A	5 - 10	7 -15	12,9
4	Trikalsium Alluminat Ferry	C ₄ AF	5 - 15	5 -10	6,97

Sumber; Peneliti, Syarif (2013)

Lampiran 2. Komposisi Unsur Kimia Pembentuk Biotek Semen

No	Parameter	Jenis Sampel (%)			
		Sampah Organik	Tanah Mediteren	Sekam Padi	Blotong
1	Kapur (Ca O)	19,53	40,93	2,04	12,88
2	Silika (SiO ₂)	32,56	13,11	71,27	38,06
3	Alm Oksida (Al ₂ O ₃)	4,37	13,71	0,91	3,67
4	Fery Oksida (Fe ₂ O ₃)	2,79	1,18	2,34	4,04
5	Sulfur (SO ₃)	0,05	-	-	0,01
6	Alkali (Na ₂ O + K ₂ O)	2,42	0,1	0,81	0,57
7	Magnesium Oksida (MgO)	3,72	1,12	1,11	1,47
8	Mangan MnO	0,08	-	-	0,62
9	Titanium Oksida TiO ₃	0,1	-	-	0,11
10	Phospor P ₂ O ₅	0,8	-	-	1,12
11	Hilang Pijar HP	26,94	-	21,51	-

Sumber; Peneliti, Syarif (2013)

Lampiran 3. Kehalusan Semen PCC Dan Biotek Semen

PERCOBAAN				SEMEN PCC		BIOTEK SEMEN	
				I	II	I	II
A. Berat Semen	(gram)			50	50	50	50
B. Berat # No. 100	(gram)			276	277	279	279
C. Berat # No. 100 + Semen Tertahan	(gram)			283	285	293	293
D. Berat Semen Tertahan # No. 100 (C - B)	= (gram)			7	8	14	13
E. Berat # No. 200	= (gram)			280	281	279	279
F. Berat # No. 200 + Semen Tertahan	= (gram)			297	295	309	308
G. Berat Semen Tertahan # No. 200 (F - E)	= (gram)			17	16	30	29
Kehalusan Semen (%) # No. 100	$= \frac{D}{A} \times 100\%$			14	16	28	26
Kehalusan Semen (%) # No. 200	$= \frac{G}{A} \times 100\%$			34	32	60	58
Rata-Rata Kehalusan Semen # No. 100				=	15 %	27 %	
Rata-Rata Kehalusan Semen # No. 200				=	33 %	59 %	

Sumber: Peneliti, Syarif (2013)

Peneliti

Lampiran 4. Berat Jenis Semen Pcc Dan Biotek Semen

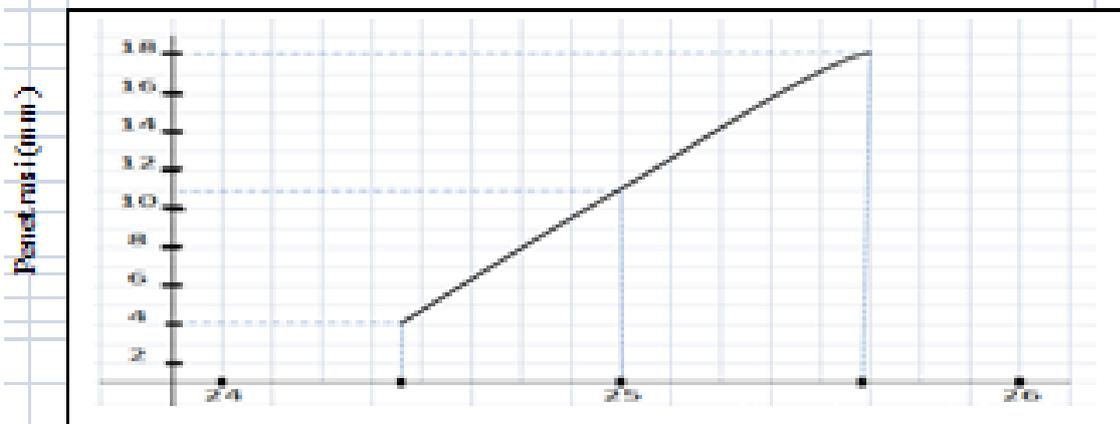
PERCOBAAN I				SEMEN PCC		BIOTEK SEMEN	
A. Berat Semen	(gram)			=	50	50	
3. Pembacaan pertama pada skala botol	(ml)	V ₁		=	0.8	0.2	
2. Pembacaan kedua pada skala botol	(ml)	V ₂		=	21	16.8	
Berat Jenis Semen	$= \frac{A}{(C - B)} \times d$			=	3.168	3.01	
PERCOBAAN II				SEMEN PCC		BIOTEK SEMEN	
A. Berat Semen	(gram)			=	64	50	
3. Pembacaan pertama pada skala botol	(ml)	V ₁		=	0.3	0.2	
2. Pembacaan kedua pada skala botol	(ml)	V ₂		=	20.5	16.8	
Berat Jenis Semen	$= \frac{A}{(C - B)} \times d$			=	3.17	3.01	
Berat Jenis Rata-Rata				=	3.168	3.01	

Sumber: Peneliti, Syarif (2013)

Lampiran 5. Konsistensi Normal Semen Pcc Dan Biotek Semen

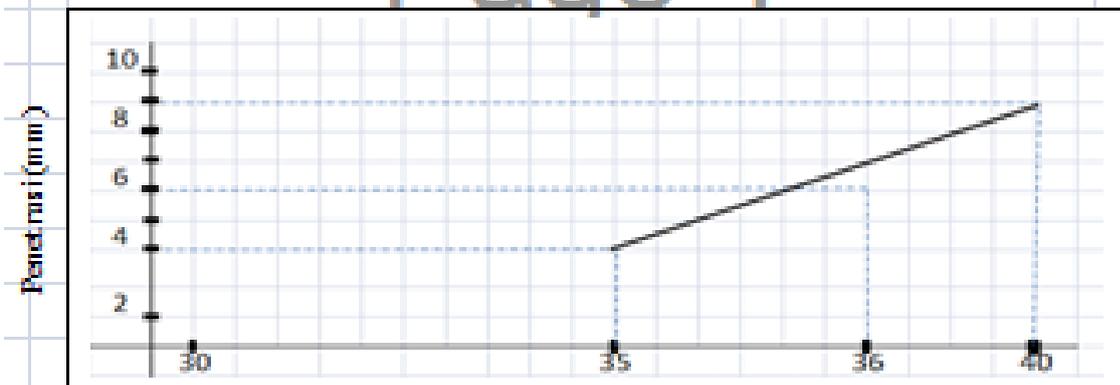
Percobaan	SEMEN PCC			BIOTEK SEMEN		
	I	II	III	I	II	III
Semen (Gram)	500	500	500	500	500	500
Air	128	125	122	180	200	225
Konsistensi	25.6	25	24.4	35	36	40
Penetrasi (mm)	18	11	4	4	6	9

Grafik Penetrasi Semen PCC terhadap Konsistensi



Konsistensi (z)

Grafik Penetrasi Biotek Semen terhadap Konsistensi



Konsistensi (z)

Konsistensi Normal Semen PCC = 25 z

Konsistensi Normal Biotek Semen = 35 z

Lampiran 6. Waktu Ikat Semen Pcc Dan Biotek Semen

Percobaan	Waktu (Menit)	SEMEN PCC	BIOTEK SEMEN	Keterangan
		Penetrasi (mm)	Penetrasi (mm)	
1	45	39.5	39	
2	60	38	34	Untuk Semen PCC
3	75	35	28	Waktu ikat awal penetrasi 24 mm = 105
4	90	30	25	Waktu ikat akhir penetrasi 0 mm = 180 mnt
5	105	24	23	Pemakaian Air 125 MI
6	120	17	21	Pemakaian Semen PCC 500 Gram
7	135	31	17	
8	150	5	15	
9	165	1	14	Untuk Biotek Semen
10	180	0	13	Waktu ikat awal penetrasi 25 mm = 90 mnt
11	195	-	11	Waktu ikat akhir penetrasi 0 mm = 330 mnt
12	210	-	10	Pemakaian Air 225 MI
13	225	-	7	Pemakaian Biotek Semen 500 Gram
14	240	-	4	
15	255	-	1,5	Syarat SNI 15-7064-2004
16	285	-	1	- Waktu Ikat Awal minimum 45 menit
17	330	-	0	- Waktu Ikat Akhir minimum 375 menit

TESIS