

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Rokan Hulu merupakan, Kabupaten baru pemekaran dari Kabupaten Kampar, dibentuk berdasarkan Undang-Undang Nomor 53 tanggal 4 Oktober tahun 1999, diresmikan oleh Menteri Dalam Negeri pada 12 Oktober 1999 dan peresmian operasionalnya diresmikan oleh Gubernur Riau sekaligus menetapkan Ibukota Kabupaten diberi nama Pasir Pangarayan.

Topografi wilayah Rokan Hulu sebahagian besar (65%) berupa dataran rendah, dan sebahagian kecil daerahnya bergelombang. Sektor pertanian khususnya tanaman pangan dan tanaman perkebunan menjadi tulang punggung perekonomian Rokan Hulu seperti perkebunan kelapa sawit.

Sektor agribisnis kelapa sawit di Rokan Hulu tercatat memiliki perkembangan yang sangat pesat. Hal ini terlihat dari luas areal kelapa sawit dari produksi minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil, CPO*) yang terus mengalami peningkatan sejak tahun 2002 sampai dengan pada saat ini. Pada tahun 2002 produksi kelapa sawit sebesar 1,92 juta ton dari lahan seluas 206.630 hektar yang melibatkan 70.031 petani.

Perkebunan ini dikembangkan perusahaan perkebunan besar milik swasta maupun BUMN, seperti: PT. Perkebunan Nusantara V, ada pula perkebunan rakyat sekitar 75.000 hektar. hasil perkebunan ini diolah dan diproduksi dalam bentuk minyak kelapa sawit (*crude palm oil* atau *CPO*).

Perkembangan industri sawit yang terus meningkat akan berdampak pada limbah yang dihasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (*TBS*). Limbah ini adalah sisa produksi minyak sawit kasar berupa tandan kosong, sabut dan cangkang (*batok*) sawit. limbah padat berupa cangkang dan sabut digunakan sebagai bahan bakar ketel (*boiler*) untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. masalah yang kemudian timbul adalah sisa dari pembakaran pada ketel (*boiler*) berupa abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun

yang sampai sekarang masih belum dimanfaatkan, seperti di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) PT. Geng.

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton, teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan. penggunaan bahan tambah (admixture) dapat membantu memecahkan permasalahan tersebut.

Beton banyak dipakai sebagai bahan bangunan karena mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan diantaranya kuat tekannya besar dan juga dalam keadaan basah mudah dicetak sesuai dengan keinginan. Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampur semen, pasir, kerikil dan air yang kemudian mengeras menjadi padat. Sekitar 60 – 80% bagian dari campuran beton adalah agregat, maka dapat disimpulkan bahwa agregat adalah penyumbang terbesar dari total volume.

Penggunaan agregat yang semakin banyak menyebabkan bahan tersebut semakin lama semakin sulit didapatkan. untuk mengatasi kendala tersebut, perlu dicarikan alternatif pengganti bahan campuran sehingga nilai ekonomis akan didapat.

Dalam kesempatan ini timbul pemikiran untuk memanfaatkan agregat halus berupa abu cangkang sawit sebagai salah satu dari bahan susun beton. bertolak dari hal tersebut diatas sehingga peneliti mengambil judul “Kajian Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai penelitian.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengganti dari penambahan abu cangkang sawit dengan penggunaan 5%, 10%, 15% 20%

2. Mengetahui kekuatan dari penambahan abu cangkang sawit terhadap mutu beton
3. Mencari komposisi optimum pemakaian abu cangkang sawit akibat menggantikan sebagian berat semen pada campuran beton
4. Mengetahui perilaku tegangan regangan beton yang menggunakan Abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti semen dan membandingkannya dengan beton normal.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan abu cangkang sawit dapat digunakan sebagai pengganti beton untuk beton ringan
2. Dapat diperoleh bahan bangunan dengan harga murah dan berkualitas baik, terutama untuk masyarakat di sekitar pabrik.
3. Bagi Industri Pabrik Kelapa Sawit, dengan dimanfaatkannya limbah ini maka pabrik tidak akan kesulitan lagi dalam membuang dan mengelola limbah
4. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan (dampak negatif) yang dapat ditimbulkan limbah ini.

1.4 Batasan Masalah

Pada penulisan ini batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

- 1, Mutu beton direncanakan dengan K-175
2. Abu Cangkang Sawit yang digunakan berukuran di atas 5 mm
3. Material agregat halus berasal dari Quarry Tanjung Belit Kecamatan Rambah, untuk butiran pasir digunakan butiran berukuran 0,15 - 5 mm
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur yang berada ditempat pengujian
5. Parameter pengujian adalah kuat tekan beton dimana pengujian benda uji dilakukan pada umur beton 28 (dua puluh delapan) hari dengan jumlah benda uji masing-masing 5 buah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan oleh Aris Sutrisno dan Slamet Widodo, 2013. bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan kandungan semen dalam campuran beton ringan terhadap kuat tekan beton ringan.

Dari hasil penelitian didapatkan pengaruh perbedaan kandungan semen dalam campuran beton ringan terhadap kuat tekan beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya semen yang digunakan dalam campuran.

Dalam penelitian ini kuat tekan beton ringan dengan kandungan semen 300 kg adalah 14,1945 MPa; 350 kg menghasilkan kuat tekan 19,1313 MPa; 400 kg menghasilkan kuat tekan 19,3461 MPa; dan pada 450 kg menghasilkan kuat tekan 24,7982 MPa. Pengaruh perbedaan kandungan semen dalam campuran beton ringan terhadap berat jenis beton ringan berbanding lurus dengan banyaknya semen yang digunakan dalam campuran.

Pada kandungan semen 300 kg menghasilkan berat jenis 1823,29 kg ; 350 kg menghasilkan berat jenis 1856,81 kg ; 400 kg menghasilkan berat jenis 1855,62 kg; dan pada kandungan semen 450 kg menghasilkan berat jenis 1861,45 kg

Dalam penelitian ini beton masih termasuk dalam jenis beton ringan karena berat jenis betonnya masih dibawah 1900 kg

2. Penelitian dilakukan oleh Satwarnirat, 2003. bertujuan untuk menambahkan sekelompok berongga kelapa sawit serat ke dalam tekan dan tarik perpecahan menekankan beton.

Untuk tujuan ini, ia melakukan percobaan untuk memeriksa 96 bahan uji beton silinder dengan pengukuran standar, 15 cm diameter, dan 30 cm. Komposisi beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu dengan rasio air-semen 0,58.

Berbagai serat tambahan sekelompok kelapa sawit berongga ke dalam uji beton adalah 0%, 0,1%, 0,2%, dan 0,3% dari berat komposisi. Serat dari minyak sawit yang digunakan dalam penelitian ini telah ditemukan di Pasaman dan itu dipotong dalam panjang 5 mm. Hasil mengungkapkan bahwa ada peningkatan terbesar kekuatan tekan pada bahan uji yang memiliki serat 0,3% sebanyak sebagai 4,3% dari bahan-bahan yang diuji.

Hasil penelitian juga menunjukkan peningkatan yang signifikan dan terbesar dari membagi kekuatan tarik pada bahan uji dengan serat 0,3% sebagai muach sebagai 11,6% dari bahan yang diuji.

Berdasarkan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa serat tambahan kelapa sawit tandan kosong ke beton, namun pengaruh tersebut tidak terlalu signifikan untuk kuat tekan beton silinder dengan Karakteristik.

3. Penelitian di lakukan oleh Jamizar, 2013 bertujuan untuk menambahkan semen pengikat (*mortar*) Menurut SNI 15-2049-2004 (2004:6) “Mortar adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan” Mortar atau adukan adalah campuran pasta semen (bahan ikat), pasir dan air yang terletak antara bata, balok dan batuan yang awalnya dibuat dengan semen portland dan kapur

Mortar dapat dibedakan menjadi 4

macam, yaitu:

1. Mortar lumpur, dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan juga air.
 2. Mortar kapur, dibuat dari campuran pasir, kapur dan air.
 3. Mortar semen, dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan yang tepat.
4. Penelitian di lakukan oleh Mhd.Falah Hudan,2012. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu terbang (*Abu Boiler*) terhadap mutu kuat tekan beton, nilai elastisitas beton, modulus patahan beton dan hubungan tegangan

regangan beton. Komposisi penggantian semen dengan *Abu Boiler* sebanyak 0% (tanpa abu cangkang), 10%, 15%, 20%, 25% dari berat semen, dan faktor air semen ditentukan sama pada semua variasi campuran, yaitu sebesar 0,5.

Sampel yang digunakan adalah berbentuk silinder ($\Phi = 15$; $h = 30$) dan sampel sebanyak 270 sampel, yakni 180 sampel berbentuk silinder dan 90 sampel berbentuk balok yang terdiri dari 6 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 15 sampel. Sampel diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan terlebih dahulu dilakukan perawatan sebelum pengujian.

Dari penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton yang tertinggi pada umur beton 28 hari / pada kondisi stabil kuat tekan beton terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan *Abu Boiler* 10 % (BAS 10) yaitu sebesar 26,833 *Mpa* dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan *Abu Boiler* 30 % (BAS 30) yaitu sebesar 14,720 MPa.

Dan dari hasil pengujian modulus elastis beton diperoleh kenaikan nilai elastisitas beton sebesar 19,75 % pada campuran beton dengan penggantian semen terhadap *Abu Boiler* 10 % (BAS 10) dan nilai penurunan elastis terdapat pada campuran beton dengan *Abu Boiler* 30 % (BAS30) sebesar 9,96 % terhadap beton normal.

Sedangkan pada kuat lentur balok diperoleh data modulus patahan beton mengalami penurunan dari semua variasi campuran beton sebesar 1,32 % pada beton penggantian semen terhadap *Abu Boiler* 10 % (BAS 10) dan 23,3 % pada beton campuran dengan *Abu Boiler* 30 % (BAS 30).

- 5 . Penelitian dilakukan oleh Tjokrodinuljo, 1998. tujuan penelitian yang diambil adalah untuk mengetahui kadar abu kerak dalam campuran dengan komposisi adukan antara semen, pasir dan kerikil mengacu pada komposisi beton tipe 175 yang diproduksi oleh PT. Duta Indo Lestari. Parameter-parameter yang diujikan adalah kuat tekan, massa jenis pasir, massa jenis kerikil, massa jenis abu kerak, komposisi kimia pasir dan

komposisi kimia abu. Kuat tekan mortar umumnya berkisar antara 3 MPa sampai 17 MPa dengan massa jenis antara 1,80-2,20 g/cm³.

2.2 Keaslian Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kampus Universitas Pasir Kabupaten Rokan Hulu, dalam pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan bulan juli, dengan bahan-bahan yang digunakan seperti, agregat halus (tanjung belit kecamatan rambah) , agregat kasar , semen, abu kerak boiler (PT Geng tambusai utara) penelitian menggunakan alat-alat yang dimiliki oleh Laboratorium Geoteknik Universitas Pasir Pengaraian Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil.

Dalam wawancara singkat dengan kariawan PT GENG DK1 Simpang Harapan. Sejauh ini belum adanya informasi tentang adanya penelitian yang dilakukan terhadap Abu Cangkang Kelapa Sawit PT GENG.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran semen Portland atau hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03 – 2847 – 2002). Beton akhir - akhir ini sangat banyak dipakai secara luas sebagai salah satu bahan bangunan. Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15 % semen, 8 % air, 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil (Wuryati dan Candra, 2001). Beton polos didapat dengan mencampurkan semen, agregat (*aggaregate*) halus, agregat kasar, air dan kadang - kadang campuran lain (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1986). Kekuatan dari banyak faktor: proporsi dari campuran dan kondisi temperatur dan kelembaban dari tempat di mana campuran diletakkan dan mengeras.

Beton adalah bagian dari konstruksi yang dibuat dari campuran beberapa material sehingga mutunya akan banyak, tergantung kondisi material pembentuk ataupun pada proses pembuatannya. Untuk itu kualitas bahan dan proses pelaksanaannya harus dikendalikan agar dicapai hasil yang optimal. Untuk mengetahui kepastian komposisi campuran dan kualitas yang diinginkan bisa dilakukan uji laboratorium Mix Design (penyelidikan material) serta melakukan slump tes.

3.1.1 Jenis-jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom dan plat. Berdasarkan pedoman beton 1989 draft konsesus dan terminologi (Mulyono, 2003) terdapat beberapa jenis beton yang biasa dipakai dalam konstruksi suatu bangunan.

Berikut ini merupakan beberapa jenis beton yang dimaksud :

1. Beton normal adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang - kadang ditambahkan *additive*.
2. Beton bertulang, adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua meterial bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja
3. Beton pracetak, adalah beton yang elemen betonnya tanpa dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton prestress (pratekan), adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (density) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton ringan dapat dibuat dengan berbagai cara, antara lain dengan menggunakan agregat ringan (*fly ash*, batu apung, kulit kerang, dll), campuran antara semen, silika, pozolan, atau semen dengan cairan kimia penghasil gelembung udara. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Terminolog ASTM C.125 mendefinisikan bahwa agregat ringan adalah agregat yang digunakan untuk menghasilkan beton ringan, meliputi batu apung, *scoria*, *vulkanik cinder*, *tuff*, *expanded*, atau hasil pembakaran lempung, *shale*, *sle*, *shele*, *perlit*, atau *slag* atau hasil batubara dan hasil residu pembakarannya (Mulyono, 2005). Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai

kebutuhan. Pada umumnya beton ringan berkisar antara 600 – 1600 kg. Karena itu keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan pondasi. Teknologi bahan bangunan berkembang terus, salah satunya beton ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete*) atau sering disebut juga (*Auto Aerated Concrete*). Keuntungan dari beton ringan antara lain memiliki nilai tahanan panas (*therma insulator*) yang baik, memiliki tahanan suara (*peredam*) yang baik, tahan api (*fire resistant*).

Sedangkan kelemahan beton ringan adalah nilai kuat tekannya (*compressive strength*) lebih kecil dibanding dengan beton normal sehingga tidak dianjurkan penggunaannya untuk struktural (Sumarno, 2010). Beton Ringan (*Lightweight Concrete*).

beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan antara lain sebagai berikut (Tjokrodimuljono, 1996):

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori - pori udara di dalam betonnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk alumunium kedalam campuran adukan beton. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dari pada beton biasa.
2. Dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir - butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

Pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga macam yaitu: (Menurut Tjokrodimuljo).

- a) Untuk non struktur dengan nilai massa jenis antara 240 –800 kg/m³ dan kuat tekan dengan nilai 0,35 –7 MPa digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
- b) Untuk struktur ringan dengan nilai massa jenis antara 800 –1400 kg/m³ dan kuat tekan dengan nilai 7 –17 MPa digunakan untuk dinding memikul beban.
- c) Untuk struktur dengan nilai massa jenis antara 1400 –1800 kg/m³ dan kuat tekan > 17 MPa digunakan sebagai beton normal.

Menurut Dobrowolski dikutip dari (Wahyuni, 2010) pembagian beton menurut penggunaan dan persyaratannya dibagi atas 3 bagian:

1. Beton dengan massa jenis rendah (*Low-Density Concretes*) dengan nilai massa jenis 240 –800 kg/m³ dan nilai kuat tekan 0,35 –6,9 Mpa.
2. Beton dengan kekuatan menengah (*Moderate-Trength Ligh weight Concretes*) dengan nilai massa jenis 800 –1440 kg/m³ dan nilai kuat tekan 6,9 –17,3 MPa.
3. Beton ringan struktur (*Structural Lighweight Concrete*) dengan nilai massa jenis 1440 -1900 kg/m³ dan nilai kuat tekan > 17,3 MPa.

Menurut SNI 03 –2847 –2013, beton yang mengandung agregat beton ringan dan berat volume seimbang (*equilibrium density*), sebagaimana ditetapkan oleh ASTM C 567, antara 1140 –1840 kg/m³. Berdasarkan Diktat Pedoman Praktikum Beton (Hoedajanto, 2003 : 3-8) dilihat dari beratnya, beton dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok yaitu.

1. Beton ringan, dimana beratnya 1360 kg/ m³ - 1840 kg/m³
2. Beton normal, dimana beratnya 2160 kg/ m³ – 2560 kg/m³
3. Beton berat, dimana beratnya 2800 kg/ m³ - 6400 kg/m³

Selain dilihat berdasarkan jenis dan beratnya, beton juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kelas mutu beton. Menurut PBI tahun 1971 (Candra dan Samekto)

Mutu Beton dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan non struktural. untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu

hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan bahan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan beton mutu BD.

2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum.

3.1.2 Sifat-sifat Beton

Dalam pengerjaan beton segar, ada tiga sifat yang penting dan harus selalu diperhatikan, yaitu :

1. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)

Untuk mengetahui kemudahan pengerjaan beton segar dapat dilihat dari nilai slump. nilai slump identik dengan nilai keplastisan beton.

Berikut ini merupakan unsur-unsur yang dapat mempengaruhi nilai slump :

- a. Jumlah air pencampur.

Semakin sedikit air yang digunakan, semakin mudah untuk dikerjakan

- b. Kandungan semen

Semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.

- c. Gradasi campuran pasir, kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan mudah dikerjakan.

- d. Bentuk butiran agregat kasar

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

- e. Butir maksimum

f. Cara pemadatan dan alat pematat.

2. Pemisahan kerikil(*Segregation*)

Segregation atau segregasi pada beton dapat menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton.

Secara umum segrasi ini disebabkan oleh beberapa hal,yaitu:

- a. Campuran kurus atau kurang semen.
- b. Terlalu banyak air.
- c. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
- d. Permukaan butir agregat kasar (semakin kasar permukaan butir agregat, maka semakin mudah terjadi segregasi).

3. *Bleeding* (naiknya air)

Bleeding adalah air yang naik kepermukaan beton yang baru dipadatkan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*).

Pada dasarnya blouding ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.

- b. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding.

- c. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding. Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton menurut (SNI-15-1990-03) adalah:

1. Pengaruh cuaca berupa pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh pergantian panas dan dingin.
2. Daya perusak kimiawi, seperti air laut(garam),asam sulfat,alkali,limbah,dan lain-lain.
3. Daya tahan terhadap aus (abrasi) yang disebabkan oleh gesekan orang berjalan kaki,lalu lintas,gerakan ombak,dan lain-lain.

3.1.3 Sifat dan Karakteristik Beton sebagai Material Struktur Bangunan

Kekuatan tekan (f_c) merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, dan dinyatakan dengan Mpa atau N/mm^2 . Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang sangat kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kuat tekan dapat dilakukan dengan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 pada umum benda uji 28 hari Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah :

- a. Pengaruh cuaca berupa pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh pergantian panas dan dingin.
- b. Daya perusak kimiawi, seperti air laut (garam), asam sulfat, alkali, limbah, dan lain-lain.
- c. Daya tahan terhadap aus (abrasi) yang disebabkan ole gesekan orang berjalan kaki, lalu lintas, gerakan ombak, dan lain-lain.

3.1.4 Zat-zat yang dapat mengurangi kekuatan tekan beton.

Bahan-bahan yang keberadaannya mungkin memberikan pengaruh yang merugikan terhadap kekuatan, kemudahan pekerjaan, dan kenampaan jangka panjang disebut zat pengganggu. Bahan-bahan ini dianggap tidak diperlukan sebagai bahan tambah karena lemah, lunak, atau sifat fisik dan sifat kimiawi yang merusak sifat-sifat beton.

Ditinjau dari proses pembentukan beton yang berpengaruh buruk pada beton adalah sebagai :

1. Zat yang mengganggu proses hidrasi semen
2. Zat yang melapisi agregat sehingga mengganggu terbentuknya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen.
3. Butiran-butiran yang kurang tahan cuaca, yang bersifat lemah dan menimbulkan reaksi kimia antara agregat dan pastanya.

Zat-zat pengganggu ini dapat berupa endapan organik, lempung, atau bahan-bahan halus lainnya, misalnya silt atau debu pecahan batu, garam, shale lempung, kayu, arang, pyrites, (tanah tambang yang mengandung belerang), dan lain-lain

3.2 Bahan Pembentuk Beton

Adapun bahan-bahan pembentuk beton terdiri dari Semen Portland, Agregat Halus, Agregat Kasar dan air

3.2.1 Semen Portland

Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen portland jika diaduk dengan air akan terbentuk menjadi pasta semen, sedangkan jika dicampur dengan pasir kemudian diaduk dengan air menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton.

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Fungsi semen

portland adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat (Tjokrodimuljo, 1996).

Menurut SNI 0447-81 (Dwiyono, 2000) sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis sebagai berikut :

Jenis I : Semen portland yang digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah

Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Pasir

Pasir adalah butiran halus yang terdiri dari butiran berukuran 0,15-5 mm yang didapat dari hasil desintegrasi batuan alam atau juga dari pecahan batuan alam (Tjokrodimuljo, 1996)

Menurut asalnya pasir alam digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

1. Pasir galian yaitu pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam.
2. Pasir sungai yaitu pasir yang diperoleh langsung dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan.

Bila digunakan sebagai bahan susun beton daya lekat antar butirannya agak kurang, tetapi karena butirannya yang bulat maka cukup baik untuk memplester tembok.

3. Pasir laut yaitu pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan jenis pasir yang paling jelek dibandingkan pasir galian dan pasir sungai. Apabila dibuat beton maka harus dicuci terlebih dahulu dengan air tawar karena pasir ini banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman dalam pasir ini akan menyerap banyak kandungan air di udara dan pasir ini selalu agak basah, juga menyebabkan pengembangan volume pasir bila sudah menjadi bangunan.

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan atau batuan pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan butiran lebih dari 5 mm. Untuk memilih agregat yang digunakan sebagai campuran beton ditentukan dari mutu, jenis konstruksi dan ketersediaan bahan.

Menurut PBI 1971 (SNI-2) pasal 3.4 Syarat agregat kasar yang akan dipakai sebagai bahan campuran beton :

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori agregat kasar yang mengandung butiran-butiran pipih hanya boleh dipakai apabila jumlah butiran-butiran pipih tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butiran-butiran agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melampaui ayakan 0.063. Apabila kadar lumpur melampaui dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

Tabel 3.1 Sfisifikasi agregat menurut SNI

No	Sifat Fisis	Pesyaratan
1	Nilai modulus agregat halus	1,5 - 3,8%
	Nilai modulus agregat kasar	6 – 7,10%
2	Kandungan lumpur agregat halus	5%
	Kandungan lumpur agregat kasar	1%
3	Berat jenis agregat halus dan kasar	2,58- 2,83 gram/cm ²
4	Berat volume agregat halus dan kasar	1,4 – 1,9 kg/m ³
5	Kadar air agregat halus dan kasar	3% - 5%
6	Penyerapan	2% - 7%

(Sumber: Hasil Penetapan nilai slump (PBI.71)

3.2.4 Air

Memenuhi persyaratan sebagai air minum, memenuhi syarat pula sebagai bahan campuran dalam adukan mortar atau beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya mortar atau beton mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 0,30 kali berat semen, namun kenyataannya apabila dipakai nilai fas kurang dari 0,35 adukan beton atau mortar menjadi sulit dikerjakan, sehingga umumnya berat air lebih dari 0,35 berat semen,

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Sebagai pelincir campuran kerikil,air, dan semen agar memudahkan pencetakan.

Defenisi istilah perbandingan air semen perlu dijelaskan, keulitannya timbul dari adanya air dalam takaran beton yang berasal dari tiga sumber :

1. Air yang diserap dalam agregat
2. Air permukaan agregat
3. Air yang ditambahkan selama pencampuran

3.3 Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit

Abu kerak boiler ini merupakan pozolan buatan yang berasal dari kerak boiler yang mengalami proses penggilingan atau yang telah dihaluskan. Salah satu limbah boiler ini pada dasarnya adalah abu yang mengeras pada setiap dinding-dinding boiler akibat endapan-endapan abu yang terperangkap pada mesin siklon saat terjadinya pembakaran cangkang dan serat buah kelapa sawit pada tungku pembakaran boiler. Kerak/slag boiler yang disebabkan adanya endapan-endapan deposit mineral yang mengeras. Fenomena ini sangat merugikan bagi pembakaran pada boiler, karena akan mengurangi efisiensi pertukaran panas. Penyebab fenomena ini adalah tekanan gas yang berbeda pada setiap bahan bakar yang mengakibatkan percikan pijar api dan partikel yang relatif ringan, namun tidak mampu keluar daripada mesin pengendap siklon dan akan melekat pada dinding-dinding boiler.

Sedangkan partikel yang ringan akan dikeluarkan melalui cerobong asap dan partikel yang relatif berat dan habis terbakar akan tertampung pada tempat abu yang berada dibawah tungku. Slag/kerak boiler kelapa sawit ini adalah memiliki massa yang lebih berat dari pada fly ash (abu terbang) yang keluar daripada cerobong asap, dan kerak boiler ini relatif memiliki pori-pori yang banyak.pada umumnya kerak ini digunakan oleh Pabrik Kelapa Sawit sebagai pengeras jalan di sekitar pabrik.

3.1. 1 Perancangan Campuran Beton dengan Metode DOE

Metode DOE adalah metode yang memperkirakan berat jenis adukan beton dengan memampatkan data berat air dan berat jenis agregat gabungan, untuk memperkirakan berat jenis adukan beton. Pada perancangan dengan metode British ini, benda uji yang digunakan adalah

kubus ukuran 15x15x15 cm. Apabila benda uji merupakan silinder maka harus dikonversikan terlebih dahulu ke benda uji kubus

Untuk merancang beton dengan kuat tekan karakteristik (yang disyaratkan), maka langkah pertama yang harus ditentukan adalah menentukan kuat tekan rata-rata rencana (target). Kuat tekan rencana didasarkan atas probabilitas bahwa kuat tekan yang berada dibawah kuat tekan karakteristik terbatas sampai 5 % saja. Dianggap bahwa distribusi kuat tekan beton mengikuti distribusi normal.

Langkah – langkah dalam perencanaan campuran beton(SK.SNI.T-15-1990-03)

- 1) Menentukan kuat tekan beton karakteristik yang disyaratkan (f^c) pada umur tertentu.perlu dicatat bahwa nilai f^c berarti kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk kubus. Jika yang diketahui adalah nilai K, maka nilai kuat tekan beton perlu dikonversi.
- 2) Penetapan nilai deviasi standar (SD)

Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus :

- Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan
- Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan, f^c , yang nilainya dalam batas ± 7 MPa dari nilai f^c yang ditentukan
- Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji yang berurutan yang jumlahnya minimum 30, hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari

- 3) Perhitungan nilai tambah (*margin*)

Jika nilai tambah dihitung berdasarkan deviasi standar SD, maka dilakukan dengan rumus berikut:

$$M = k * SD$$

Dimana:

M = nilai tambah, Mpa

SD = deviasi standar, Mpa

K = ketetapan statistik

Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr})

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Dimana:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata,

MPa f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

M = Nilai tambah, Mpa

- 4) Penetapan jenis semen
- 5) Penetapan jenis agregat
- 6) Menetapkan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata rata yang ditargetkan didasarkan pada hubungan kuat tekan dan FAS yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang di usulkan.

- 7) Penetapan faktor air semen maksimum

Tabel 3.2. FAS maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis Pembetonan	FAS Maksimum
Beton didalam ruang bangunan:	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif	0,52
Beton diluar bangunan:	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60

Beton yang masuk ke dalam tanah:	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sifat dan alkali dari tanah	0,5
beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	0,5

(Sumber: SNI.T - 15 – 2002 – 0)

FAS maksimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus

8) Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump harus memperhatikan metode pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan jenis strukturnya agar di peroleh beton yang mudah dituangkan,di padatkan dan diratakan. Misalnya pengecoran dengan concrete pump membutuhkan nilai slump yang besar,pemdatan dengan vibrator dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil Penetapan nilai *slump* harus memperhatikan metode pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan dan jenis strukturnya agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan. Misal: pengecoran dengan concrete pump membutuhkan nilai slump besar, pemadatan dengan vibrator dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil.

Tabel 3.3. Penetapan nilai slump (PBI.71)

Pemakaian	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding ,plat dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan dibawah tanah	9,0	2,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5

(Sumber: Hasil Penetapan nilai slump (PBI.71))

Untuk melaksanakan pengujian slump beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

- Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
- Letakan cetakan di atas pelat dengan kokoh
- Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan pada lapisan pertama penusukan lapisan tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan
- Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit
- balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji

- Pengukuran slump harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata.

10. Menetapkan besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi :

- Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan
- Sepertiga dari tebal pelat
- Tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang atau berkas-berkas tulangan

11. Menetapkan kadar air bebas

- a. Untuk agregat tak dipecah dan agregat dipecah menggunakan tabel dibawah Tabel

3.4 Perkiraan kebutuhan air lt/m^3 beton

Besarnya ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu Biasa	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu Biasa	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu Biasa	115	140	160	175
	Batu pecah	155	174	190	205

(Sumber: SNI. 03 – 2834 – 2000)

- b. Untuk agregat campuran (gabungan antara agregat tak dipecah dan agregat dipecah),

dihitung menurut rumus berikut : $A = 0.67A_h + 0.33 A_k$

Keterangan:

A =Jumlah air yang dibutuhkan (lt / m³)

A_h =Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A_k = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar

12. Menghitung berat semen yang dibutuhkan

13. Mempertimbangkan kadar semen maksimum.

14. Menghitung kebutuhan semen minimum

ditetapkan dengan tabel-tabel dibawah ini. Kebutuhan semen minimum ini untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya: lingkungan korosif, air payau dan air laut.

Tabel 3.5. kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus.

Jenis Pembeconan	Semen Minimum(kg/m ³ beton)
Beton didalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non korosif b. Keadaan keliling korosif	275 325
Beton diluar bangunan: a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275
Beton yang masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah b. Mendapat pengaruh sifat dan alkali dari tanah	325 280
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut.	290

(Sumber: : SNI. 03 – 2834 – 2000)

15. Menghitung kebutuhan semen

16. Menghitung penyesuaian jumlah air atau FAS

17. Menentukan daerah gradasi agregat halus

Klasifikasi daerah gradasi agregat dengan menggunakan tabel 3.6

Tabel 3.6 Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	1	2	3	4
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: SK SNI - 15 – 1990 – 03)

Hasil penelitian Lab Bahan dan Struktur UPP)

18. Menghitung perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, FAS dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan Gambar 3-5 dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

19. Menghitung berat jenis agregat campuran

$$B_{j \text{ camp}} = P/100 * B_{j \text{ agregat halus}} + k/100 * b_{j \text{ agregat kasar}}$$

Ket: $B_{j \text{ camp}}$ = Berat jenis agregat campuran

$B_{j \text{ ag hls}}$ = Berat jenis agregat halus

Bj ag ksr = Berat jenis agregat kasar

P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat ditentukan berdasarkan dengan data hasil laboratorium, bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- Agregat tak pecah / alami = 2,6 kg
- Agregat dipecah = 2,7 kg

20. Menentukan berat jenis beton

21. Menghitung kebutuhan agregat campuran

22. Menghitung berat agregat halus yang dibutuhkan

23. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan

24. Koreksi komposisi campuran

Dalam perhitungan, agregat halus dan agregat kasar dianggap dalam keadaan jenuh kering muka (SSD), sehingga di lapangan yang pada umumnya keadaan agregatnya tidak jenuh kering muka, harus dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya. Koreksi harus dilakukan minimum satu kali per hari. Jika kadar air agregat melebihi kemampuan penyerapan agregat, maka agregat sudah mengalami kejenuhan dan mengandung air berlebih, maka harus mengurangi kadar air bebas agar komposisi tetap seimbang, dan demikian pula sebaliknya.

3.4 PEMERIKSAAN MATERIAL PEMBENTUK BETON

3.4.1 Pemeriksaan agregat kasar

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus diantara lain:

1. Analisa saringan

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat kasar dan nilai fine modulus (FM) butir agregat. dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar yang digunakan dalam adukan beton memiliki nilai butir maksimum 20 mm.

Perhitungan fine modulus (FM) halus butir menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{FM_{\text{kerikil}}}{\% \text{ tingkat kumulatif } \geq \text{saringan } 0,15 \text{ mm}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

FM_{kerikil} = fine modulus kerikil (%)

2. Pemeriksaan kadar lumpur (passing no 200)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat kasar.

Perhitungan kadar lumpur dalam agregat kasar menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

B1 = berat benda uji kering oven (kg)

B2 = berat benda uji kering oven dicuci dan diayak no 200 (kg)

3. Pemeriksaan kadar air

Pemeriksaan kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat. kadar air ini didefinisikan sebagai nilai banding antara berat butir agregat dengan berat air. Kadar nilai agregat adalah nilai kandung antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam perancangan adukan beton disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Perhitungan kadar air menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

B1 = berat agregat sebelum dioven (kg)

B2 = berat agregat setelah dioven (kg)

4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan kadar penyerapan air agregat. Dalam perencanaan beton yang terutama digunakan adalah berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*) jenuh kering permukaan. Berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*) adalah perbandingan antara berat pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan berbeda sama lain tergantung dari jenis batuan, susunan mineral, struktur butiran, dan porositas batuan.

Perhitungan berat jenis dan penyerapan air dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{A}{B-C} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B}{B-C} \dots \dots \dots (3.5)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{A-C} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (kg)

B = berat benda uji didalam air (kg)

C = berat benda uji kering permukaan jenuh (kg)

5. Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat dalam kondisi gembur maupun dalam kondisi padat. Berat isi agregat adalah nilai banding antara berat dengan volume agregat dalam keadaan kering. Didalam perancangan campuran adukan

beton, untuk menentukan volume padat bagian yang terpilih perlu diketahui ruangan - ruangan yang dipakai oleh partikel agregat, terlepas dari ada atau tidaknya pori dalam partikel. Nilai yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah berat isi keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*). Berat isi suatu agregat dipengaruhi oleh jumlah air yang ada, untuk itu dalam menentukan campuran adukan beton dipakai nilai rata-rata hasil pemeriksaan yang dilakukan.

Perhitungan berat isi agregat sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

r = jari-jari tabung (cm)

t = tinggi tabung (cm)

W₃ = berat benda uji (kg)

V = volume tabung (cm³)

6. Pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur tingkat ketahanan keausan agregat.

Ketahanan aus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Ketahanan aus} = \frac{C-D}{C} \times 100\% \dots \dots \dots (3.10)$$

Keterangan :

C = berat benda uji mula - mula (kg)

D = berat benda uji setelah putaran 500 kali (kg)

3.4.2 Pemeriksa agregat halus

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus diantara lain:

1. Analisa saringan

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan nilai fine modulus (FM) butir agregat.

Perhitungan fine modulus (FM) halus butir menggunakan persamaan berikut:

$$FM_{\text{kerikil}} = \frac{\% \text{ tingkat kumulatif } \geq \text{saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :

FM_{kerikil} = fine modulus kerikil(%)

2. Pemeriksaan kadar lumpur (passing no 200)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat halus.

Perhitungan kadar lumpur dalam agregat halus menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

B1 = berat benda uji kering oven (kg)

B2 = berat benda uji kering oven dicuci dan diayak no 200 (kg)

3. Pemeriksaan kadar air

Pemeriksaan kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat. kadar air ini didefinisikan sebagai nilai banding antara berat butir agregat dengan berat air. Kadar nilai agregat adalah nilai kandung antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan agregat dalam keadaan kering. Nilai kadar air ini digunakan untuk koreksi takaran air dalam perancangan adukan beton disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Perhitungan kadar air menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} 100\% \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

B1 = berat benda uji sebelum dioven (kg)

B2 = berat berat benda uji setelah dioven (kg)

4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan kadar penyerapan air agregat. Dalam perencanaan beton yang terutama digunakan adalah berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*)/jenuh kering permukaan. Berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*) adalah perbandingan antara berat pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan berbeda sama lain tergantung dari jenis batuan, susunan mineral, struktur butiran, dan porositas batuan.

Perhitungan berat jenis dan penyerapan air dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{A}{B+500-C} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$\text{Berat jenis ssd} = \frac{B}{B+500-C} \dots\dots\dots(3.15)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{A+500-C} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (kg)

B = berat piknometer di isi air (kg)

C = berat piknometer+ benda uji+ air (kg)

500= berat benda uji permukaan jenuh (ssd) (kg)

5. Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat dalam kondisi gembur maupun dalam kondisi padat. Berat isi agregat adalah nilai banding antara berat dengan volume agregat dalam keadaan kering. Didalam perancangan campuran adukan

beton, untuk menentukan volume padat bagian yang terpilih perlu diketahui ruangan-ruangan yang dipakai oleh partikel agregat, terlepas dari ada atau tidaknya pori dalam partikel. Nilai yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah berat isi keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*). Berat isi suatu agregat dipengaruhi oleh jumlah air yang ada, untuk itu dalam menentukan campuran adukan beton dipakai nilai rata-rata hasil pemeriksaan yang dilakukan.

Perhitungan berat isi agregat sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{w_3}{V} \dots \dots \dots (3.18)$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan:

r = jari-jari tabung (cm)

t = tinggi tabung (cm)

w₃ = berat benda uji (kg)

v = volume tabung (cm³)

3.4.3 Pemeriksaan semen

Pemeriksaan semen dilakukan dengan cara mengamati secara visual kemasakan kantong atau zak, apakah dalam keadaan tertutup rapat dan bahan butiran masih halus atau ada yang menggumpal.

3.4.4 Pemeriksaan Abu cangkang Sawit Sebagai Campuran

1. Analisa saringan

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi abu cangkang dan nilai fine modulus (FM). dari hasil pemeriksaan analisa saringan abu cangkang yang digunakan dalam adukan beton memiliki niali butir maksimum 20 mm.

Perhitungan fine modulus (FM) halus butir menggunakan persamaan berikut:

$$FM_{\text{kerikil}} = \frac{\% \text{ tingkat kumulatif } \geq \text{saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

FM_{kerikil} = fine modulus kerikil(%)

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan kadar penyerapan air abu cangkang. Dalam perencanaan beton yang terutama digunakan adalah berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*) jenuh kering permukaan.

Berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*) adalah perbandingan antara berat pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu.

Berat jenis permukaan berbeda sama lain tergantung dari jenis batuan, susunan mineral, struktur butiran, dan porositas batuan.

Perhitungan berat jenis dan penyerapan air dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{A}{B-C} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B}{B-C} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{A-C} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (kg)

B = berat benda uji didalam air (kg)

C = berat benda uji kering permukaan jenuh (kg)

3. Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat isi abu cangkang dalam kondisi gembur maupun dalam kondisi padat.

Berat isi abu cangkang adalah nilai banding antara berat dengan volume abu cangkang dalam keadaan kering. Didalam perancangan campuran adukan beton, untuk menentukan volume padat bagian yang terpilih perlu diketahui ruangan-ruangan yang dipakai oleh partikel abu cangkang, terlepas dari ada atau tidaknya pori dalam partikel.

Nilai yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah berat isi keadaan jenuh kering muka (*Saturated and surface dry condition*). Berat isi suatu agregat dipengaruhi oleh jumlah air yang ada, untuk itu dalam menentukan campuran adukan beton dipakai nilai rata - rata hasil pemeriksaan yang dilakukan.

Perhitungan berat isi kubus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi kubus} = \frac{w_3}{V} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan:

r = jari-jari tabung (cm)

t = tinggi tabung (cm)

w₃ = berat benda uji (kg)

v = volume tabung (cm³)

3.4.5 Pemeriksaan air

Air diperiksa dengan melihat warna dan kejernihannya secara visual.

Air yang diperlukan untuk beton dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran agregat maksimum, diameter membesar maka kebutuhan air menurun, begitu juga jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit.
- b. Bentuk butir, bentuk bulat akan menyebabkan kebutuhan air menurun misalkan untuk batu pecah perlu lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, gradasi baik akan menyebabkan kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.

- d. Kotoran dalam agregat, Makin banyak silt, tanah liat dan lumpur maka akan meningkatkan kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar), Jika agregat halus lebih sedikit maka kebutuhan air menurun.

3.5 KUAT TEKAN BETON (f'_c)

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaruh dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton.

Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kuat desaknya. suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan (Chu Kia Wang dan G. Salmon, 1990).

Nilai kekuatan beton dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$A = s \times s \dots \dots \dots (3.9)$$

Dimana:

- f'_c = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban maksimum (ton)
- A = luas permukaan benda uji (cm^2)
- S= sisi benda uji (m)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. JENIS PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian langsung atau dengan menggali data untuk mendapatkan suatu hasil.

4.2 . WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian..

4.3. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penyusunan beton ini adalah:

Tabel 4.1 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

Alat	Kegunaan
Mesin uji kuat tekan (<i>Universal testing machine</i>)	Uji tekan beton
<i>Concrete Mixer</i>	Pencampuran beton
Kerucut Abrams	Pengujian <i>slump</i>
Gelas ukur	Menakar air
Mistar dan caliper	Mengukur benda uji
Timbangan	Menimbang material
Talam	Wadah agregat
Tongkat pemadat	Memadatkan agregat
Bak penampungan	Menampung beton segar
<i>Mould</i> (cetakan)	Cetakan benda uji
Ayakan / saringan	Mengayak agregat
Oven	Mengeringkan agregat

(Sumber: Lab Bahan dan Struktur UPP)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah :

a. Air

Air yang digunakan untuk pengujian ini, berasal dari air sumur yang berada di lokasi Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian di Kumu

b. Semen

Semen yang dipakai adalah semen portland Composite merk Semen Padang Type I dengan kemasan 50 kg.

c. Pasir

Pasir yang dipakai adalah pasir dari Quarry Tanjung Belit Pasir Pengaraian. Kondisi pasir yang digunakan dalam penelitian ini butirannya lolos ayakan 5 mm dan dalam keadaan jenuh kering muka (SSD).

d. Kerikil

Kerikil yang dipakai adalah batu split 1/2 cm dari Stone crusher PT Karya Nyata Bersama Kecamatan Tangun Pasir Pengaraian.

e. Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang sawit yang dipakai dalam penelitian ini berdiameter lebih dari 5 mm dalam kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan persentase 0% (tanpa abu cangkang), 5 %, 10 %, 15 % dan 20 %

4.4.PROSEDUR PENELITIAN

4.4.1.Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus

Pemeriksaan bahan terhadap agregat kasar dan agregat halus meliputi hal-hal berikut:

1. Analisa saringan

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan butir agregat. distribusi yang diperoleh ditunjukkan berupa tabel dan grafik. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Langkah – Langkah pelaksanaan analisa saringan adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu 110 ± 5 °C sampai berat tetap.
- b. Benda uji dituangkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan yang paling besar diatas. Perangkat saringan diguncang-guncangkan selama 15 menit.
- c. Hitung persentase lolos saringan.
- d. Dari perhitungan tersebut, kemudian ditabelkan dan diplotkan kedalam grafik gradasi agregat.

2. Pemeriksaan berat isi

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat isi agregat dalam keadaan lepas maupun dalam keadaan padat.

Langkah-langkah pemeriksaan berat isi adalah sebagai berikut:

1) Berat isi kondisi lepas

- a. Timbang dan catatlah berat wadah
- b. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sendok semen sampai penuh
- c. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar perata
- d. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji
- e. Hitung berat benda uji Timbang dan catatlah berat wadah

2) Berat isi kondisi padat

- a. Timbang dan catatlah berat wadah
- b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukan sebanyak 25 kali secara merata
- d. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar perata
- e. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji

- f. Hitung berat benda uji

3) Pemeriksaan kadar lumpur

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan persentase kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat.

Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat adalah:

- a. Menyiapkan benda uji sebanyak 500 gram
- b. Masukkan benda uji kedalam oven selama 60 menit pada suhu 105°C
- c. Keluarkan benda uji dari oven ,kemudian dinginkan selama 15 menit
- d. Menimbang benda uji kering yang telah dikering oven
- e. Mencuci benda uji tersebut berulang-ulang dengan air hingga bersih
- f. Letakkan benda uji kedalam talam, kemudian masukan kedalam oven pada suhu 105°C selama 60 menit
- g. Keluarkan benda uji dari oven, kemudian dinginkan lalu ditimbang.

3. Pemeriksaan kadar air

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kadar air dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. nilai kadar air digunakan untuk koreksi agregat takaran air dalam adukan beton.

Langkah – Langkah pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut:

- a. Timbang dan catat berat talam
- b. Masukkan benda uji kedalam talam, kemudian berat talam dan berat benda uji ditimbang, catat berat keduanya
- c. Hitung berat benda uji
- d. Keringkan contoh benda uji bersama talam dalam oven pada suhu 110±5 °C sampai mendapat berat tetap

- e. Setelah kering, contoh benda uji ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam.
- f. Hitunglah berat benda uji kering.

4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

1. Untuk agregat kasar

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis agregat dalam keadaan bulk, SSD, dan semu.

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam selama 24 jam
- b. Setelah perendaman benda uji dikeringkan dengan menggunakan handuk pada butiran agregat
- c. Timbang contoh benda uji, hitung kondisi berat contoh dalam keadaan SSD
- d. Contoh benda uji dimasukkan kekeranjang dan direndam kembali ke dalam air. Temperatur air dijaga pada temperatur 25 °C, dan kemudian ditimbang, setelah keranjang digoyang-goyang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
- e. Hitung berat benda uji jenuh
- f. Contoh dikeringkan dalam oven pada suhu 110±5 °C sampai berat tetap, kemudian dinginkan dan selanjutnya ditimbang.
- g. Hitung berat contoh kondisi kering

2. Untuk agregat halus

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis agregat dalam keadaan bulk, dan semu.

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah baik
- b. Sebagian agregat dimasukan dalam kerucut terpancung, benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper), jumlah tumbukan 25 kali, kondisi SSD tercapai, jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor / runtuh
- c. Contoh agregat seberat 500 gram dimasukan kedalam piknometer, isilah piknometer dengan air sampai 90 % penuh.
- d. Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer.
- e. Rendamlah piknometer dengan temperatur 25°C selama 24 jam. Timbang berat benda uji dari piknometer yang berisi air
- f. Pisahkan benda uji dari piknometer dan keringkan pada suhu 110+5°C (langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam), setelah benda uji dingin kemudian ditimbang
- g. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur 25°C dengan ketelitian 0,1 gram.

5. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur tingkat ketahanan keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula dalam persen.

Langkah-langkah pemeriksaan keausan agregat kasar adalah:

- a. Benda uji dan bola baja dimasukan kedalam mesin Los Angeles
- b. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm. Jumlah putaran sebanyak 500 putaran
- c. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no.12, butiran yang tertahan disaringan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110+5°C sampai berat tetap.

4.2. Perencanaan campuran beton

Setelah diadakan pengujian material pembentuk beton, maka didapat data-data yang diperlukan dalam perencanaan campuran beton. perencanaan campuran mengikuti langkah-langkah yang telah ada, dalam perencanaannya digunakan tabel-tabel dan grafik-grafik yang sudah ada ketentuannya masing-masing.

4.3. Pengujian nilai *slump*

Pengujian nilai *slump* dilakukan untuk mengetahui kekentalan (konsistensi) dari pasta beton yang telah dibuat dengan menggunakan kerucut Abram's berbentuk terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm.

Langkah- langkah pengujian nilai *slump* sebagai berikut:

1. Kerucut Abram's yang digunakan harus dalam keadaan bersih, kerucut diletakan diatas kaki dan dipegang kuat agar selama proses pemadatan kerucut tidak berpindah kedudukannya
2. Setelah itu kerucut diisi dengan adukan beton sebanyak tiga lapis dengan tebal masing-masing $\frac{1}{3}$ dari volume kerucut, untuk tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan tongkat baja secara merata
3. Setelah proses pemadatan selesai, maka permukaan diratakan dan tunggu lebih kurang 1 menit
4. Kemudian cetakan beton diangkat perlahan-lahan keatas dan penurunan adukan beton yang terjadi diukur dengan menggunakan dua penggaris siku hingga dproleh nilai *slum*.

4.4. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji beton pada penelitian ini direncanakan sebanyak 12 sampel untuk pengujian uji tekan beton. Menggunakan benda uji yang dibuat berbentuk kubus 15cm x 15cm x 15cm. Dengan langkah-langkah dibawah ini:

1. Siapkan bahan-bahan campuran beton yang akan digunakan
2. Siapkan cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji

3. Masukkan semua bahan beserta air yang sudah ditentukan proporsinya kedalam mesin pengaduk (molen)
4. Hidupkan mesin molen agar adukan beton tercampur dengan merata
5. Setelah semua tercampur dengan merata/homogen lakukan pengujian slump dengan menggunakan kerucutAbram's
6. Mengisi cetakan kubus dengan campuran beton, dengan cara memasukan campuran beton secara bertahap sebanyak tiga lapis, setiap lapis dirojak sebanyak 25 kali sampai cetakan terisi penuh, perojokan dilakukan untuk menghindari adanya rongga dalam beton, dengan ketentuan :
 - a. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan.
 - b. Pada lapisan kedua serta ketiga, tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm (1 inci) kedalam lapisan dibawahnya.
7. Setelah selesai melakukan pemadatan, diamkan cetakan beton selama 18 jam atau 24 jam ditempat yang aman dan bebas dari getaran.
8. Setelah beton mengeras keluarkan beton dari cetakan dan uji kuat tekan beton.

4.5. Perawatan beton

Beton yang sudah dikeluarkan dari cetakan kemudian dilakukan perawatan dengan cara direndam atau ditutupi dengan karung (goni) basah. Peredaman ini adalah salah satu cara untuk perawatan beton agar beton terhindar dari pengaruh cuaca karena beton dalam proses pengerasan (hidrasi) sehingga tidak mempengaruhi kekuatan beton. Perendaman ini dilakukan sesuai dengan umur yang sudah direncanakan. Kehilangan air yang cepat juga menyebabkan beton menyusut, terjadi tegangan tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak. Jangka waktu perawatan yang tercantum dalam spesifikasi-spesifikasi pada umumnya dimaksudkan agar:

1. Dapat dicegah terjadinya retak-retak permukaan beton yang diakibatkan oleh terlalu cepatnya penguapan air pada saat beton tersebut masih muda
2. Tercapainya kekuatan tarik belah beton yang disyaratkan
3. Kekuatan tetap bertambah selama proses pembasahan. Pembasahan berguna untuk memperlancar hidrasi dari semen.

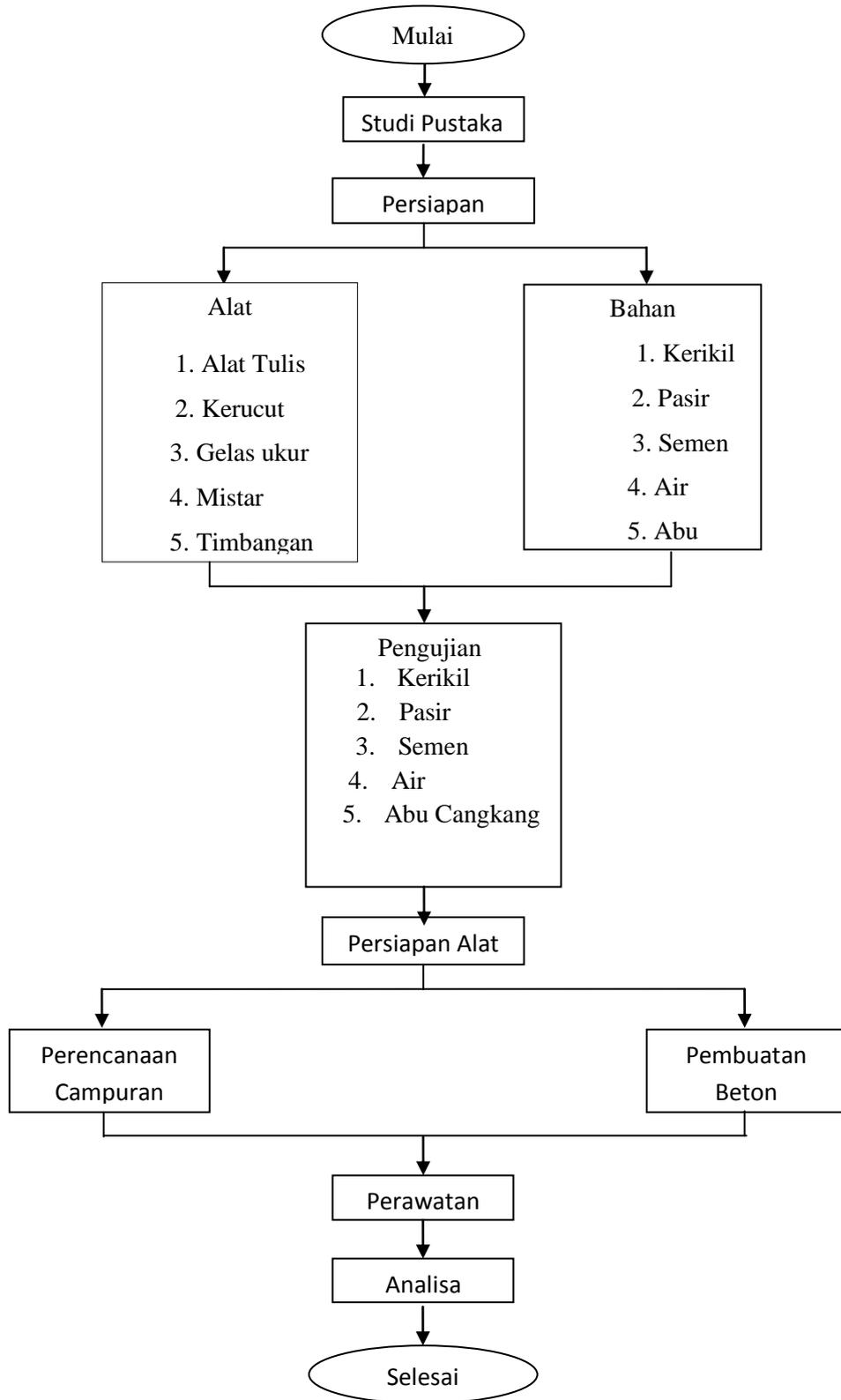
4.6. Pengujian kuat tekan beton

Dalam proses pengujian benda uji, secara tidak langsung ini artinya menguji seluruh kekuatan beton yang dibuat. Dalam pengujian benda uji ini dapat dilakukan beberapa kekuatan benda uji, seperti kuat tekan, kuat tarik dan lain sebagainya. Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan beton yang berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang dibuat dan dirawat. Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat beton berumur 28 hari.

Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji sehari sebelum pengujian dari bak perendaman dan diletakan pada ruangan sampel kering selama 24 jam
2. Sebelum benda uji dilakukan pembebanan diukur kembali dimensi benda uji
3. Beban tekan diberikan secara perlahan-lahan pada benda uji dengan cara mengoperasikan tuas pompa sehingga benda uji runtuh.

4.7 BAGAN ALIR PENELITIAN



4.1 Gambar Bagan Alir Penelitian