

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara terbesar penghasil kelapa sawit di dunia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dari publikasi desember 2019, luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14,32 juta hektar. Dengan rinciannya, perkebunan besar sebesar 8,51 juta hektar dengan produksi kelapa sawit 26,57 juta ton. Lalu perkebunan kelapa sawit rakyat seluas 5,81 juta hektar dengan produksi sebesar 13,99 juta ton. Provinsi Riau sendiri sudah memiliki area kelapa sawit sebesar 2.537.375 hektar dengan produksi 7.466.260 ton tiap tahun nya. Sedangkan di Kabupaten Rokan Hulu memiliki luas area kelapa sawit mencapai 480.665 hektar dengan jumlah produksi 1.195.460 ton tiap tahunnya.

Seiring berjalannya waktu, jumlah produksi kelapa sawit di Indonesia dari tahun terus mengalami peningkatan. Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 23%, cangkang 8%, serat 12% dan limbah cair 66% (Andriyati, 2007). Sehingga jumlah limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terus meningkat hingga mencapai 1,8 juta ton tiap tahun nya (Direktorat Jenderal Perkebunan 2017). Dengan meningkatnya limbah kelapa sawit tidak menutup kemungkinan akan terjadinya masalah lingkungan bagi masyarakat sekitar pabrik kelapa sawit.

Merupakan suatu tantangan untuk memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit secara optimal, sehingga tandan kosong kelapa sawit tersebut dapat menjadi suatu nilai tambah secara ekonomi dan dapat mengurangi masalah pencemaran limbah lingkungan. Jika pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit dapat dibuktikan secara teknis sebagai bahan campuran beton, maka diharapkan dengan melakukan pengolahan terhadap tandan kosong kelapa sawit akan mendukung meningkatnya nilai ekonomi tandan kosong kelapa sawit yang selama ini hanya sebagai limbah.

Menurut Danusaputro (1978), jika limbah dibuang secara terus menerus tanpa adanya pengolahan yang maksimum dapat menimbulkan gangguan keseimbangan, dengan demikian menyebabkan lingkungan tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati.

Dengan pemanfaatan limbah berarti memberikan nilai tambah pada limbah yang semula kurang berarti, menjadi bahan yang mempunyai nilai tambah. Tidak selamanya limbah terbuang percuma, tetapi tidak sembarang limbah bisa dijadikan bahan untuk konstruksi. Sebab, untuk dapat dijadikan bahan konstruksi ada syaratnya. Limbah tidak mengandung bahan berbahaya yang bisa mengganggu kesehatan, dan unsur –unsur yang dikandungnya tidak menimbulkan reaksi yang bertentangan dengan semen sebagai bahan perekat.

Dalam kesempatan ini timbul pemikiran untuk memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit yang dijadikan berupa abu sebagai salah satu bahan campuran beton. Hal inilah yang melatar belakangi penulis mengambil judul **“Pengaruh Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton”** sebagai penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik campuran beton dengan penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ?
2. Berapa komposisi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang paling efektif terhadap nilai Slump pada campuran beton K-225 ?
3. Berapa kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan bahan tambah Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik campuran beton dengan penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) .
2. Untuk mengetahui komposisi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang paling efektif terhadap nilai Slump pada campuran beton K-225.
3. Untuk mengetahui kuat tekan beton K-225 pada umur 28 hari dengan bahan tambah Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai bahan pengganti semen yaitu :

1. Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi dampak negatif pencemaran lingkungan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).
2. Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan abu tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan substitusi pada beton.
3. Dapat diperoleh bahan bangunan berupa beton yang ramah lingkungan dari bahan *recycle* (*daur ulang limbah TKKS*).
4. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan campuran Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit .

1.5 Batasan Masalah

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

1. Mutu beton direncanakan dengan K-225 menggunakan Standar SNI 03-2834-2000
2. Agregat kasar menggunakan Batu Pecah (BP) 2-3 dan 1-2
3. Agregat halus yang digunakan adalah Pasir Saring.
4. Semen yang digunakan adalah semen PCC (*Portland Composite Cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Padang.
5. Material agregat berasal dari *Stockpile* Laboratorium Universitas Pasir Pengaraian.
6. Abu TKKS yang digunakan berasal dari PT. Kencana Persada Nusantara di Tambusai Utara.
7. Air menggunakan air bersih dari Laboratorium Bahan dan Struktur Teknik Sipil UPP.
8. Variasi Campuran TKKS sebanyak 0 %, 2 %, 4 %, dan 6 % dari Jumlah Agregat Total
9. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Selama ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai Kuat Tekan Beton dari berbagai macam bahan. Penelitian tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan oleh Ir. H. Zainuddin, MT dan Agustiya Eko Wahyudi, 2019. Melakukan Penelitian Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Pada Beton Normal Dengan Uji Kuat Tekan Dan Kuat Lentur. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kuat tekan beton, Variasi penambahan serat sabut kelapa yang optimal adalah 1%. Variasi 1% memiliki nilai Kuat tekan rata-rata Sebesar 12,67 MPa. Variasi 0% memiliki nilai kuat tekan sebesar 12,21 MPa. Variasi 0,25% memiliki nilai rata-rata kuat tekan 12,39 sedangkan variasi 0,50% mencapai nilai kuat tekan rata-rata sebesar 12,58. Namun kekuatan tersebut tidak memenuhi target kekuatan rencana umur 28 hari yaitu sebesar 20 MPa. Dari hasil data pengujian kuat lentur beton di atas dapat di ketahui bahwa penambahan serat sabut kelapa tidak dapat meningkatkan kuat lentur beton. Presentase penambahan serat sabut kelapa yang optimal adalah 0% yaitu sebesar 19,73 MPa. Variasi 0,25% 17,42 MPa, Variasi 0,50% Memiliki nilai kuat lentur sebesar 15,69 MPa, Sedangkan variasi penambahan serat sabut kelapa 1% memiliki nilai kuat lentur sebesar 15,08 MPa. Namun kekuatan beton tersebut tidak memenuhi kekuatan rencana, Karena memiliki nilai kuat lentur di bawah 20 MPa (Umur benda uji 28 hari) Hal ini Di sebabkan kurang cermatnya peneliti pada proses pengadukan material, dan kurangnya pemeliharaan terhadap material penyusun beton sehingga mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang di rencanakan.
2. Penelitian ini dilakukan oleh Eko Siswanto dan April Gunarto, 2019. Melakukan penelitian Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuatan Beton. Dari hasil penelitian ini dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa Rata – rata tiap variasi

beton dapat disimpulkan bahwa hasil kuat tekan beton dengan penambahan serat serabut kelapa dan fly ash mampu mencapai target K-225 pada variasi BT 10% dengan sebesar 252 kg/cm² hasil kuat tekan, Serat serabut beton 10% kelapa yang optimal untuk campuran beton pada variasi, Hasil Uji Absorpsi rata – rata tertinggi pada variasi BT 40% , Hasil Uji Angka Pori rata – rata tertinggi pada variasi 0.071 cm³BT 30% sebesar, Hasil Uji Porositas rata – rata tertinggi pada variasi BT 30% sebesar 0.066, Hasil Uji Derajat Kejenuhan rata – rata pada variasi BT 10% sebesar 0.0023 cm³ , Hasil Uji Kadar Air rata – rata pada variasi BT 30% sebesar 0.07% , dan Hasil Uji Berat Jenis rata – rata pada variasi BT 10% sebesar 0.0023 kg/cm³.

3. Penelitian ini dilakukan oleh Amiwarti, Agus Setiobudi dan Apriko, 2019. Melakukan penelitian Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-225. Hasil dari penelitian ini adalah menunjukkan nilai kuat tekan beton menggunakan variasi campuran 1%+1%, 2%+2% dan 3%+3% pada umur 14 hari lebih kecil dibandingkan dengan beton normal, pada saat uji kuat tekan beton umur 28 hari menggunakan variasi campuran 2%+2% dan 3%+3% mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal, kuat tekan tertinggi adalah kuat tekan beton yang menggunakan bahan penambahan sebesar 3%+3% yaitu 315,07 kg/cm². Ini menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan abu serabut kelapa mengalami peningkatan pada beton normal K-225 pada umur 28 hari.
4. Nur Azizah Affandy, Agus Imam Bukhori, 2019. Melakukan penelitian Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. Dari penelitian ini diperoleh Pengaruh campuran untuk beton mutu K kuat tekan dari beton itu sendiri dari data yang telah dilakukan penelitian serabut kelapa mengalami kenaikan secara signifikan, beton normal K kuat tekan yang diperoleh beton campuran abu serabut 0,25% mencapai 20,217 MPa, beton campuran abu serabut mencapai 20,173 MPa, beton campuran kelapa 0,75 % dapat mencapai kuat tekan 20,041 MPa. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa bisa dijadikan untuk bahan tambah semen pada beton mutu K presentasi diatas.

5. Sri handani, Alimin Mahyudin dan Wisman Sabardi, 2009. Melakukan penelitian tentang Pengaruh Panjang Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. Dari hasil penelitan ini didapat bahwa beton yang diberi serat serabut kelapa dapat disimpulkan bahwa panjang serat optimum pada beton yang diperkuat serat serabut kelapa ini adalah 3 cm. Pada panjang optimum tersebut nilai kuat tekan dan kuat lentur maksimum didapat pada umur beton 28 hari yaitu masing-masing sebesar $73,40 \times 10^3$ g /cm² dan $29,95 \times 10^3$ g /cm². Nilai kuat tekan dan kuat lentur minimum didapat pada beton yang ditambah serat panjang 1 cm pada umur beton 3 hari yaitu masing-masing sebesar $37,49 \times 10^3$ g /cm² dan $11,8 \times 10^3$ g /cm². Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton tidak begitu dipengaruhi oleh penambahan dan pengurangan pasir sebanyak 5% dan 10%.

2.2 Keaslian Penelitian

Setelah membaca hasil penelitian terdahulu sebagaimana tersebut diatas, terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian yang akan penulis lakukan. Perbedaan tersebut diantaranya sebagai berikut :

1. Rencana kuat tekan K-225.
2. Acuan Normatif desain campuran SNI-03-2834-2000
3. Agregat kasar yang digunakan BP 2-3 dan BP 1-2
4. Penelitian diuji pada umur 28 hari.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan utama yang banyak digunakan dalam suatu struktur bangunan. Beton dalam aplikasinya digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, pondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar atau gerbang dan lain sebagainya. Beton adalah suatu campuran antara semen (bahan perekat), air (bahan pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung), dan agregat (bahan pengisi) yang menyebabkan terjadinya suatu hubungan erat antara bahan-bahan tersebut. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo, 1992).

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, agregat dengan atau tanpa bahan tambah tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan. Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jadi jika campuran beton menggunakan semen 1 : 2 : 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian. (Asroni, 2010).

3.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Mulyono (2004), menyatakan ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah:

1. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Beton termasuk bahan awet, tahan api dan air, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh lingkungan, sehingga biaya perawatannya murah.

3. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
4. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
5. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.

Mulyono (2004), menyatakan juga kekurangan dari beton diantaranya adalah:

1. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah.
2. Pelaksanaan pekerjaan butuh ketelitian yang tinggi.
3. Mempunyai beban yang berat.
4. Daya pantul suara yang besar.

3.3 Sifat –Sifat Beton

3.3.1 Workability

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami bleeding (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

- a. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
- b. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (segregasi dan bleeding).
- c. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
- d. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain:

- a. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.

- b. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- d. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- e. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
- f. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (*Tjokrodimuljo, K., 2007*).

3.3.2 Segresi

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *segresi* (Mulyono, 2004). Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Segresi* ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Campuran kurus dan kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Ukuran maksimum agregat lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya *segresi* ini dapat dicegah jika:

1. Tinggi jatuh diperpendek.
2. Penggunaan air sesuai dengan syarat.
3. Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan.
4. Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
5. Pemadatan baik.

3.3.3. Bleeding

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan. Akibat dari peristiwa ini:

1. Bagian atas lapis terlalu basah, yang akan menghasilkan beton berpori dan lemah.
2. Air naik membawa serta bagian-bagian inert dan semen yang membentuk lapis buih semen (*laitance*) pada muka lapis (*merintangi* lekatan pada lapis kemudian, maka harus dihilangkan).
3. Air dapat berkumpul dalam-dalam krikil-krikil dan baja tulangan horizontal, hingga menimbulkan rongga-rongga besar.

Cara mengurangi *bleeding* digunakan:

1. Jumlah air campuran yang tidak melebihi kebutuhan untuk mencapai *Workability*.
2. Campuran dengan semen lebih banyak.
3. Jenis semen yang butir-butirnya lebih halus.
4. Bahan batuan bergradasi lebih baik.
5. Pasir alam yang agak bulat-bulat dengan persentase butir halus lebih besar.
6. Zat tambah guna perbaikan gradasi bahan batuan (kadang-kadang digunakan bubuk Al, yang menyebabkan pengembangan sedikit pastinya, guna mengimbangi susut oleh pengeluaran air).

3.3.4 Umur Beton

Kekuatan desak beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan desak beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan desak rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang

paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja desaknya (Mulyono, 2004).

Kuat desak beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (Tjokrodimuljo, K., 2007). Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat desak beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relative sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat desak beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat desak beton pada umur 28 hari. Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton. Hubungan antara umur dan kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Rasio kuat desak beton pada berbagai umur

Umur Beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portlan dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

Sumber : PBI 1971, NI – 2, dalam Tjokrodimuljo, K, 2007

3.4 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Untuk memenuhi kebutuhan beton tertentu, beton dapat ditambah dengan bahan tambah admixture. Setiap bahan penyusun mempunyai fungsi yang berbeda-beda tergantung kegunaannya.

3.4.1 Semen

Semen adalah bahan yang memiliki sifat adhesi maupun kohesi yaitu bisa menjadi bahan perekat setelah berhubungan dengan air. Semen jika dicampur dengan air akan menjadi pasta semen, apabila pasta semen dicampur dengan agregat halus akan menjadi mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar maka mortar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras. (Mulyono, 2003)

Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain. Menurut Mulyono (2003), bahan-bahan utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini

Tabel 3. 2 Bahan-Bahan Utama Penyusun Semen Portland

Bahan Penyusun	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	20 – 25
Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	7 – 12
Alumina (Al ₂ O ₃)	7 - 12

Sumber : Mulyono (2003)

Semen portland mempunyai bahan-bahan utama penyusun tidak jauh berbeda dengan semen portland komposit. Menurut SNI 15-7064-2004 definisi dari semen portland komposit adalah hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan-bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland. Ketika unsur-unsur penyusun semen portland komposit tersebut ditambahkan dengan air kemudian dapat bereaksi membentuk senyawa-senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Semen yang bereaksi dengan air bersifat irreversible yaitu hanya dapat terjadi satu kali dan tidak dapat kembali lagi ke wujud semula.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen portland berdasarkan penggunaannya dibedakan menjadi 5 tipe yaitu sebagai berikut.

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis- jenis yang lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.4.2 Agregat kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, atau beton semen hidrolis yang dipecah. Kerikil merupakan hasil desintegrasi alami dari batuan sedangkan batu pecah merupakan hasil dari batu yang dipecah menjadi pecahan- pecahan berukuran lebih dari 5 mm. Agregat kasar menurut SNI 03-2847-2002 adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar yang akan digunakan untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini.

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir- butir yang keras dan tidak berpori yang mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan).
2. Tidak berpori, karena agregat kasar yang berpori mudah menghasilkan beton yang tidak kedap air.
3. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan, seperti zat-zat yang bersifat reaktif terhadap alkali.
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan apabila melebihi dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
5. Agregat yang mengandung butir- butir pipih dapat dipakai apabila jumlah butir- butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat tersebut. Karena bentuk butiran yang pipih kurang baik untuk mendukung beban, memiliki rongga dan gesekan yang besar sehingga memerlukan pasta semen dalam jumlah yang banyak.
6. Gradasi agregat kasar harus memenuhi syarat seperti Tabel 3.3 berikut ini

Tabel 3. 3 Gradasi Krikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan	
	Daerah I	Daerah II
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 - 35	25 -55
4,8	0 - 5	0 - 10

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

3.4.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam hasil disintegrasi dari batuan yang bisa diperoleh dari sungai maupun dari tanah galian, atau pasir yang dihasilkan dari proses pemecahan batu. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,76 mm. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat halus yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

1. Pasir terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras agar dapat menghasilkan beton yang keras.
2. Bentuk tajam dibutuhkan agar agregat dapat saling mengunci dengan baik dalam adukan beton. Namun bentuk tajam dari agregat dapat menimbulkan gesekan yang besar yang akan mengurangi mobilitas atau sifat mudah gerak dari adukan beton.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus perlu dicuci. Karena lumpur pada agregat halus dapat menghalangi terjadinya ikatan dengan pasta semen.
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik, karena bahan tersebut dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa semen portland.
5. Gradasi agregat halus harus memenuhi syarat seperti Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 - 100	90 – 100	95 - 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 -10	0 - 10	0 - 15

Sumber : Tjokrodimulyo (1992)

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

3.4.4 Fly Ash

Fly-ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa, *fly-ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan *specific gravity* antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* dari *fly-ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*fly-ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. Abu terbang atau *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Concrete Practice 1993 parts 1 226.3R-3), yaitu :

1. Kelas C

Fly ash yang mengandung CaO lebih dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO₂ (30-50%), Al₂O₃ (17-20%), Fe₂O₃, MgO, Na₂O dan sedikit K₂O. mempunyai *specific gravity* 2,31-2,86. Mempunyai sifat *pozzolan*, tetapi juga langsung bereaksi dengan air untuk membentuk CSH (CaO.SiO₂.2H₂O). kalsium Hidroksida dan Ettringite yang mengeras seperti semen.

2. Kelas F

Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. senyawa lain yang terkandung didalamnya : SiO₂ (30- 50%), Al₂O₃ (45-60%), MgO, K₂O dan sedikit Na₂O. mempunyai *specific gravity* 2,15-2,45. bersifat seperti *pozzolan*, tidak bisa mengendap karena kandungan CaO yang kecil.

3. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. selain itu, juga mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

High volume fly ash (HVFA) concrete adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* baik berupa kelas F *fly ash* maupun kelas C *fly ash*. Istilah *high volume fly ash concrete* sendiri pertama kali diperkenalkan oleh peneliti di pusat penelitian CANMET Canada pada tahun 1980an (Malhotra and Mehta, 2005).

Pemakaian HVFA concrete memberikan beberapa keuntungan terhadap beton yang dihasilkan, baik dalam keadaan beton segar maupun beton yang telah mengeras. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh tersebut adalah:

- a. Peningkatan kelecakan beton
- b. Kemudahan dalam finishing permukaan beton.
- c. *Drying shrinkage* dan *creep*
- d. Peningkatan durabilitas beton

Meskipun pemakaian high volume *fly ash concrete* sangat bersesuaian dengan kampanye “*green concrete*”, masih ada beberapa kendala yang menyebabkan teknologi ini belum dapat diterima secara luas. Hambatan-hambatan tersebut dapat disebutkan, yaitu:

- a. Hambatan dari segi peraturan.
- b. Perkembangan kuat tekan yang lambat
- c. Umur perawatan beton yang lama.

Tabel 3. 5 Bangunan yang dibangun memakai (HVFA)

No	Nama Bangunan	Kelas Fly ash	Jumlah Fly ash	Jumlah Semen	Mutu Beton
			(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(MPa)
1	Concrete blok untuk satelit komunikasi di Ottawa - Kanada	Kelas F	193	151	46 (91 hari)
2	Landasan parkir dikomplek hotel dan perkantoran, Haliax Canada (1988)	Kelas F	220	180	50 (120 hari)
3	Tempat kerja pekerja seni, Vancouver Canada (2001)	Kelas F	195	195	41 (28 hari)
4	Peningkatan struktur tahan gempa Barker Hall University of Caliornia Berkeley USA (2001)	Kelas F	197	160	38 (28 hari)
5	Perkerasan jalan beton, Punjab India (2002)	Kelas F	225	225	41 (28 hari)

Sumber : Solikin, 2011

3.4.5 Air

Air merupakan salah satu faktor penting dalam campuran beton karena air dapat bereaksi dengan semen yang kemudian membentuk senyawa-senyawa kimia. Air berguna juga untuk bahan pelumas antara agregat agar campuran beton mudah dikerjakan, dipadatkan, dan perawatan beton agar beton dapat mengeras dengan sempurna.

Air dapat mempengaruhi kuat desak beton, karena penambahan air yang berlebihan pada campuran beton untuk kemudahan dalam pengerjaan dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton. Selain itu kelebihan air akan menyebabkan terjadinya bleeding, yaitu air bersama semen akan bergerak keatas

permukaan beton segar yang baru saja dituang pada cetakan. Adapun syarat-syarat menurut SK SNI S-04-1989-F yang harus dipenuhi untuk penggunaan air sebagai bahan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya).
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

3.5 Bahan Tambah

Bahan tambah digunakan untuk merubah karakteristik dari beton, misalnya mudah dikerjakan (*workabilty*), menghemat dalam segi biaya, dan meningkatkan kuat tekan beton. Definisi dari bahan tambah adalah sebagai material selain air, agregat, dan semen yang ditambahkan ketika sebelum atau selama pengadukan sedang berlangsung.

Suatu bahan tambah pada umumnya dimasukkan ke dalam campuran beton dengan jumlah sedikit, sehingga tingkat kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Oleh karena itu, kontrol terhadap bahan tambah perlu dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa pemberian bahan tambah pada beton tidak menimbulkan efek samping seperti kenaikan penyusutan kering, pengurangan elastisitas (Murdock dan Brook, 1991).

3.5.1 Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

Menurut Pedoman Beton SKBI.1.4.53.1989, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi 7 tipe bahan tambah yaitu sebagai berikut.

1. Tipe A “Water-Reducing Admixtures” Water-Reducing Admixture adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Water-Reducing Admixture digunakan antara lain dengan tidak mengurangi kadar semen dan

nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen (fas) yang rendah.

2. Tipe B “Retarding Admixture” Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya adalah untuk menunda waktu pengikatan beton, misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pengecoran.
3. Tipe C “Accelerating Admixture” Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton. Acceleration Admixture yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Dosis maksimum yang digunakan adalah 2% dari berat semen yang digunakan.
4. Tipe D “Water Reducing and Retarding Admixtures” Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini juga berfungsi untuk mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air.
5. Tipe E “Water Reducing and Accelerating Admixtures” Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.
6. Tipe F “Water Reducing, High Range Admixtures” Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya sebanyak 12% atau lebih.
7. Tipe G “Water Reducing, High Range Retarding Admixtures” Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, pengurangan airnya

sebanyak 12% atau lebih, serta bahan ini juga berfungsi untuk menghambat pengikatan beton.

3.5.2 Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk memperbaiki kinerja tekan beton. Beberapa keuntungan dengan menggunakan bahan tambah mineral menurut Mulyono (2003) adalah sebagai berikut.

1. Memperbaiki kinerja workability.
2. Mengurangi panas hidrasi.
3. Mengurangi biaya pekerjaan beton.
4. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan rekasi alkali-silika.
6. Mempertinggi usia beton.
6. Mempertinggi kuat tekan beton.
7. Mempertinggi keawetan beton.
8. Mengurangi penyusutan pada beton.
9. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

3.5.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Limbah padat kelapa sawit terdiri dari tandan buah kosong, serat, cangkang biji, batang pohon dan pelepah daun. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang dihasilkan sebanyak 23 % dari tandan buah segar (TBS) (Darnoko, 2005). Tandan kosong kelapa sawit adalah limbah padat yang terbuang dari proses penebahan setelah tandan direbus dipisahkan dari buahnya, banyaknya lebih kurang 25 % dari tandan buah segar (TBS) (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2005).

Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) cukup besar sejalan dengan peningkatan jumlah dan kapasitas pabrik kelapa sawit (PKS) untuk menyerap tandan buah segar yang dihasilkan (Tobing, 2002). Salah satu potensi tandan kosong kelapa sawit yang cukup besar adalah sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman. Potensi ini didasarkan pada materi tandan kosong kelapa sawit yang merupakan bahan organik dengan kandungan hara yang

cukup tinggi. Tandan kosong kelapa sawit mengandung 42,8 % C, 2,90 % K₂O, 0,80 % N, 0,22 % P₂O₅, 0,30% MgO dan unsur-unsur mikro antara lain 10 ppm B, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Singh et al., 1990).

3.6 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan campuran beton (*mix design*). Perencanaan campuran beton (*mix design*) terdiri dari beberapa tahap perhitungan. Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) ada beberapa macam metode yang dapat dilakukan, antara lain:

1. Metode DOE (*Department of Environment*)
2. SNI03-2834-2000
3. Metode ACI (*American Concrete Institue*),
4. Metode *British Standard*,
5. Metode *Dreux*.

Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Adapun tahapan-tahapan dalam perencanaan campuran beton tersebut sebagai berikut ini:

1. Menetapkan kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur yang direncanakan.
2. Menetapkan nilai standar deviasi (Sd)

Tabel 3. 6 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan dan Deviasi Standar

Volueme Pekerjaan		Deviasi Standar sd (MPa)		
Sebutan	Volume Beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	4,5 < s ≤ 5,5	5,5 < s ≤ 6,5	6,5 < s ≤ 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 4,5	5,5 < s ≤ 7,5
Besar	>3000	2,5 < s ≤ 3,5	3,5 < s ≤ 4,5	4,5 < s ≤ 6,5

3. Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = K \times Sd \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : M = Nilai tambah margin
 K = 1,64
 Sd = Standar deviasi

4. Menetapka kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan : f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (MPa)
 f'_c = kuat tekan yang diisyaratkan (MPa)
 M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen.

6. Menetapkan berat jenis agregat (pasir dan kerikil)

7. Menetapkan faktor air semen

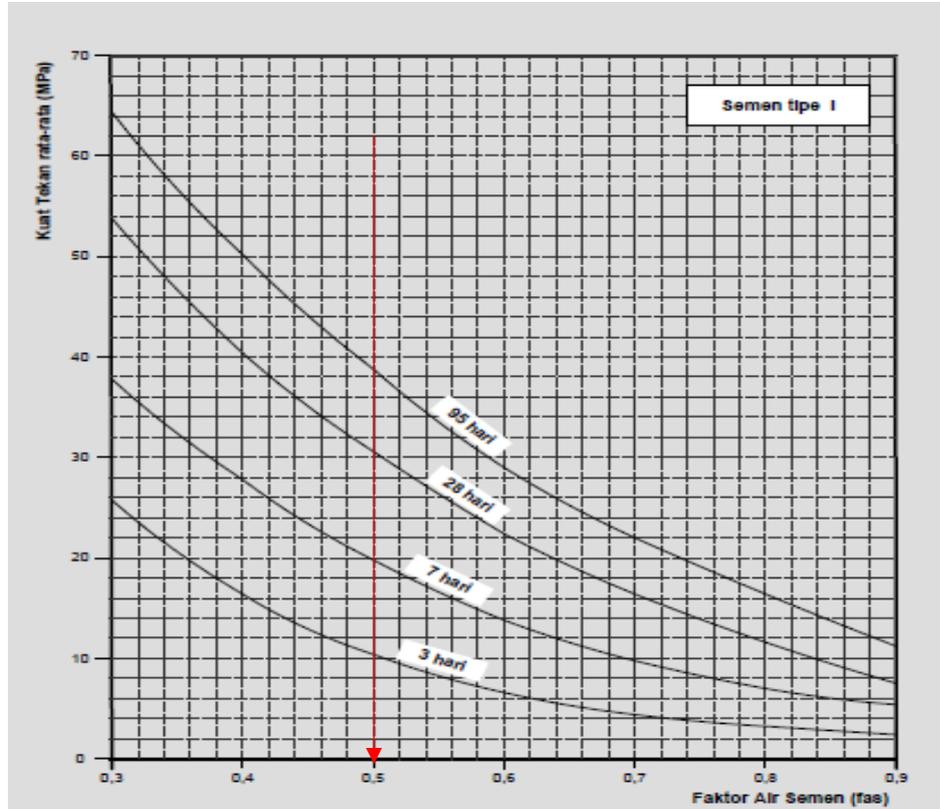
Tabel 3. 7 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portlan Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	40	48	Silinder
	Batu pecah	25	32	45	54	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834-2000

Setelah kuat tekan beton ditentukan dari tabel di atas, maka dapat dicari nilai faktor air semen menggunakan grafik pada Gambar 3.1. Untuk langkah awal, ditarik dari titik X pada Gambar 3.1 dengan fas 0,5 sebagai absis dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 3.7 sebagai ordinat. Setelah itu, dari titik X dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan dua grafik yang sudah ada didekatnya.

Selanjutnya ditarik garis mendatar dari sumbu tegak kiri pada kuat tekan rata-rata yang dikehendaki sampai memotong grafik baru tersebut, kemudian ditarik kebawah untuk mendapatkan fas yang dicari.



Gambar 3. 1 Hubungan antara kuat tekan rata-rata dan Faktor Air Semen

Dapat dilihat dari penjelasan cara untuk menentukan nilai faktor air semen (fas) dengan cara melihat jenis semen, jenis agregat, kandungan semen dan air yang digunakan. Dari gambar hubungan antara kuat tekan rata-rata dan faktor air semen (fas) dengan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dapat dilihat garis yang menunjukkan umur beton dalam hari. Setelah menentukan nilai faktor air semen (fas) dari cara di atas, maka dilanjutkan dengan menentukan faktor air semen (fas) maksimum yang dapat ditentukan dari Tabel 3.7

8. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Tabel 3. 8 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Pembedonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembedonan	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai fas Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,6
Beton di dalam ruang bangunan		
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	Tabel 3.7
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.8

Sumber: SNI 03-2834-2000

9. Menetapkan nilai slump

Nilai *slump* dapat ditentukan berdasarkan pemakaian beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Penetapan Nilai Slump (mm)

Pemakaian Beton	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, dan struktur di bawah tanah	90	25
Pelat, balok, kolom, dan dinding	150	75
Pengerasan jalan	75	50
Pembetonan masal	75	25

Sumber: SNI 03-2834-2000

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

11. Menetapkan Kadar air bebas.

Kadar air bebas adalah kebutuhan air per meter kubik beton. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.10, kemudian dihitung menggunakan persamaan SNI 03-2834-2000.

Tabel 3. 10 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	<i>Slump</i> (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

$$W = \frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan: W = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Menghitung Kebutuhan Semen

Kebutuhan semen dapat ditentukan dengan dua cara berikut ini.

Untuk menghitung jumlah kebutuhan semen, maka digunakan persamaan (3.4).

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \dots\dots\dots (3.4)$$

13. Menentukan Kebutuhan Semen Minimum

Kebutuhan semen minimum dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.8, Tabel 3.9, atau Tabel 3.10. Jika kebutuhan semen yang diperoleh dari cara pertama ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka kebutuhan semen yang diambil adalah yang terbesar dari kedua cara tersebut. Jika kebutuhan semen yang digunakan adalah kebutuhan semen minimum (cara kedua), maka nilai faktor air semen juga akan berubah.

14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai.

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.

16. Menentukan golongan pasir.

17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil.

$$Bj \text{ Campuran} = \left(\frac{Pa}{100} \times Bj.Pa\right) + \left(\frac{Pa}{100} \times Bj.Kr\right) \dots\dots\dots (3.5)$$

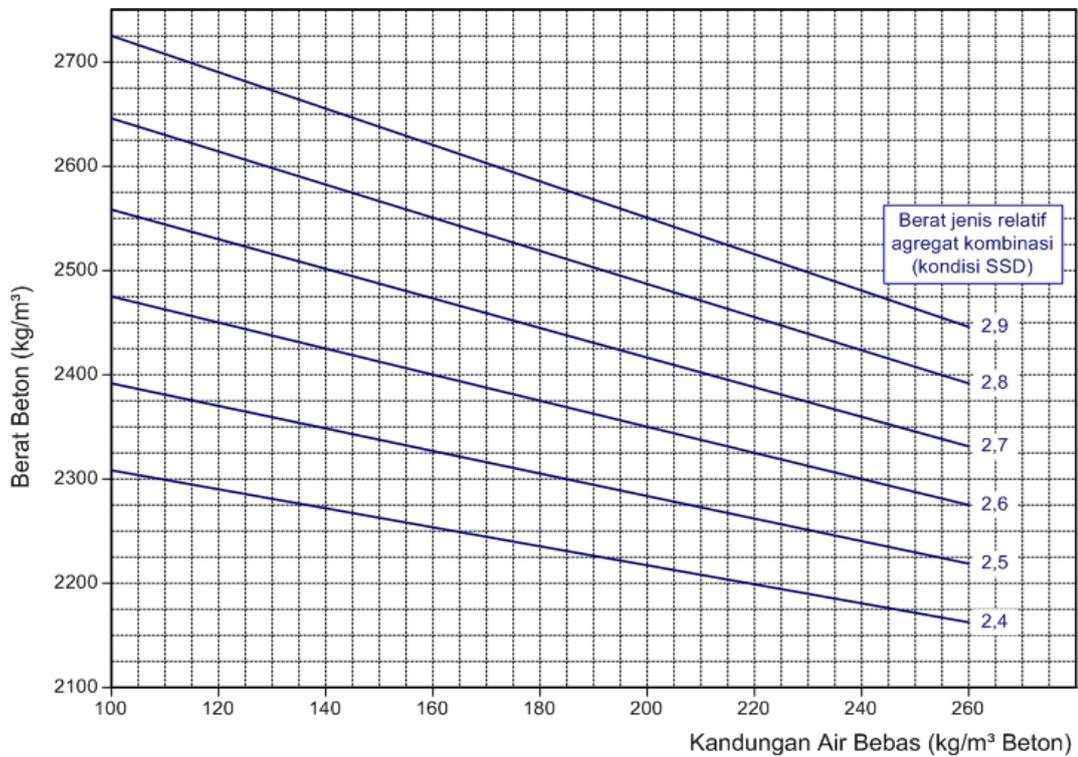
Dengan : Kr = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

Pa = Persentase pasir terhadap agregat campuran

19. Menentukan berat isi beton

Beton isi basah adalah berat dari campuran beton (agregat kasar, agregat halus, semen, dan air) dalam perbandingan tertentu, yang telah diaduk dan selesai dipadatkan. Untuk menentukan berat isi beton basah dapat

digunakan grafik pada Gambar 3.2 dengan memasukkan berat jenis gabungan agregat dan kadar air bebas yang sudah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3. 2 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

20. Menentukan kadar agregat gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

Kadar Agregat Gabungan = Berat isi beton – Kadar Semen – Kadar Air Bebas.

21. Menentukan kebutuhan agregat halus (pasir)

Kebutuhan pasir = Persen agregat halus x Kadar agregat gabungan

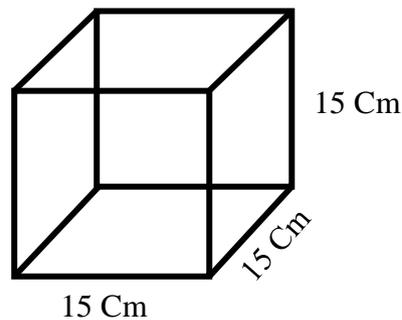
22. Menentukan kebutuhan agregat kasar

Kebutuhan agregat kasar = Kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

3.7 Kuat Tekan beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f'_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Sketsa pengujian kuat tekan beton dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.3



Gambar 3. 3 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut.

$$f'_c = \frac{P}{A_o} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

- f'_c : kuat tekan beton (MPa)
- P : bebas tekan (N)
- A_o : luas penampang benda uji (mm^2)

Sifat beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi (antara 20-50 MPa pada umur 28 hari). Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodimuljo, K., 2007).