

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum bahwa pertumbuhan dan perkembangan konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir sebagian besar material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*) yang dapat dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Konstruksi beton dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan, bendungan, saluran air, dan lain-lain. Konstruksi beton dapat dibagi menjadi dua bagian berdasarkan fungsinya, konstruksi bawah dan atas (mulyono, 2004). Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Di Indonesia bahan tambahan telah banyak digunakan. Manfaat dari bahan tambahan tersebut perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang di lapangan. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk meningkatkan kekuatan tekan beton, memperbaiki kinerja (*workability*).

Ketersediaan limbah cangkang sawit 2 juta ton/tahun di Provinsi Riau dan Kabupaten Rokan Hulu sebagai penghasil kelapa sawit terbesar nomor dua di Provinsi Riau dengan produktifitas CPO sebesar 989,041 ton per tahun menjadi sumber potensial untuk pembuatan beton ringan struktural ringan dan menjadi alternatif pengganti agregat kasar alami. Dengan jumlah limbah cangkang yang cukup besar, maka perlu dicari solusi untuk memanfaatkannya, salah satunya adalah sebagai bahan untuk pembuatan beton.

Penelitian pada penggunaan cangkang sawit sebagai agregat kasar untuk beton, mampu menghasilkan kuat tekan beton hingga 19,5 MPa dan bahkan mampu mencapai kuat tekan hingga 28,12 MPa sehingga bisa digunakan untuk menghasilkan beton. Untuk itu perlu dilakukan penelitian penggunaan cangkang sawit terutama kepada masyarakat Riau khususnya di Kabupaten Rokan Hulu

sebagai bahan alternatif pengganti agregat kasar alami untuk membangun rumah, dengan keunggulan berat isi beton yang lebih kecil berbanding beton normal (Hidayat & Ariyanto, 2019).

Dalam konstruksi bangunan sipil, salah satu material vital yang lebih banyak digunakan dibandingkan konstruksi baja dan kayu, yaitu konstruksi beton. Beton banyak digunakan dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki, diantaranya yaitu harganya yang murah karena bahan dasarnya tersedia melimpah di alam, tahan terhadap pembusukan dan perkaratan, memiliki kekuatan tekan yang tinggi sehingga dapat menahan tumpuan beban yang tinggi (Triono B.A, 2001).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian kuat tekan beton dengan menggunakan cangkang sawit ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh substitusi cangkang sawit dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% terhadap kuat tekan beton?
2. Berapa kuat tekan beton pada umur 14 dan 28 hari dengan bahan substitusi cangkang sawit dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100%?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh substitusi cangkang sawit terhadap kuat tekan beton dengan variasi yang ditentukan
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan substitusi cangkang sawit pada umur 14 dan 28 hari sawit dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100%?

Manfaat dilakukan penelitian ini, yaitu:

1. Dapat mengetahui bagaimana pengaruh substitusi cangkang sawit terhadap kuat tekan beton.
2. Dapat mengetahui nilai kuat tekan beton dengan substitusi cangkang sawit pada umur 14 dan 28 hari.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kriteria ketentuan mengikuti standar campuran beton (SNI 03-2834-2000)
2. Pengujian kuat tekan beton menggunakan sampelsilinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
3. Umur pengujian yaitu 14 hari dan 28 hari.
4. Cangkang sawit yang digunakan adalah cangkang sawit yang tertahan saringan #4.
5. Variasi cangkang sawit yang digunakan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100%
6. yang disubstitusikan ke agregat kasar terhadap kuat tekan beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merujuk kepada kajian atau studi yang telah dilakukan sebelumnya sebagai upaya peneliti untuk mencari perbandingan dan sebagai sumber referensi dalam melaksanakan sebuah penelitian baru. Dengan mempelajari penelitian terdahulu, serta menemukan sumber inspirasi untuk pelaksanaan penelitian. Selain itu, penelitian terdahulu juga memungkinkan penelitian untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, sehingga dapat menciptakan penelitian yang baru dan orisinal.

Pada bagian ini penelitian mencampurkan berbagai hasil penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang hendak dilakukan, kemudian membuat ringkasannya, baik penelitian yang sudah terpublikasi atau belum terpublikasikan. Berikutnya merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji.

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Ginting, 2000) dengan penelitian berjudul “ Analisa perbandingan beton normal dengan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan dengan f'_c 10,38 MPa” Perbandingan Berat dan Kuat tekan antara Beton Normal dan Beton Ringan Beton Normal mempunyai berat 2000 kg/m^3 s/d 2600 kg/m^3 . Beton Normal adalah beton yang biasanya digunakan dunia Struktur konstruksi baik konstruksi bangunan, jembatan dan pengairan sedangkan Beton Ringan adalah beton yang mempunyai berat isi 800 kg/m^3 s/d 2000 kg/m^3 . Penggunaan beton ringan adalah untuk mengurangi berat beban dari struktur tetapi beton ringan tidak bisa digunakan sebagai struktur konstruksi. Penelitian ini menggunakan batu apung, karena batu apung mempunyai berat yang ringan.

Sehingga didapat beton yang tergolong dalam beton ringan (mempunyai berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{-}1850 \text{ kg/m}^3$ dengan kekuatan tekan umur 28 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batu apung sebagai pengganti kerikil dapat membuat beton menjadi beton ringan. Hasil pengujian berat Beton Ringan menunjukkan $1,734 \text{ kg/m}^3$ berat pada umur 28 hari. Sedangkan berat pada Beton Normal menunjukan $2,412 \text{ kg/m}^3$ pada umur 28 hari.

2. Penelitian yang dilakukan oleh (Yulianto Hendra, 2014) dengan penelitian berjudul “Studi Eksperimen Kuat Lekat Mortar Biasa Pada Pasangan kekuatangeser beton ringanaerasi(AAC)denganmortarbiasadanmengetahuieftifitasmortarmixbetonringanaerasi.Betonringanaerasiterdiridarisepasangbetonringanaerasimegunakanpengikatmortarbiasa.Penelitianini menggunakanpendekatanpenelitianeksperimendengan1PC:4Ps;1PC:5PS;1PC:6PSdalamcampuranproporsi.Pasanganbendauijaerasibetonringan"Z"terbuatdariduabuahringanberukuran10x10x20cm.Analisisdatamenggunakan deskriptifkuantitatif.Hasilpengujianmenunjukkanbahwakuattekandankuattarikmortar dengan1PC:4PS;1PC:5PSadalah6,526MPadan0,075MPa.Polaretakkerusak adalahkegagalanantarmuka;dankomposisimortaryangefektifadalah1PC:4Psdalamcampuranproporsi.
3. Penelitian yang dilakukan oleh (Hidayat & Ariyanto, 2019) dengan penelitian berjudul “Peningkatan Kekuatan Melalui Penambahan Cangkang Sawit Pada Beton Ringan Struktural Sebagai Agregat Kasar” Ketersediaan limbah cangkang sawit 2 juta ton/tahun di provinsi Riau menjadi sumber potensial untuk pembuatan beton ringan struktural ringan dan menjadi alternatif pengganti agregat kasar alami. Tujuan penelitian adalah mengetahui nilai kuat tekan beton rencana sebesar 21 MPa yang dihasilkan bila cangkang sawit digunakan sebagai agregat kasar dalam bentuk silinder uji, selanjutnya diuji pada umur beton 7, 14, 21dan 28 hari. Berdasarkan hasil Pengujian kuat tekan terhadap beton ringan struktural

dengan menggunakan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar memperlihatkan bahwa kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari sebesar 14,29 MPa, umur 14 hari sebesar 17,04 MPa, umur 21 hari sebesar 18,85 MPa, sedangkan kuat tekan maksimum pada umur 28 hari rata-rata sebesar 20,79 MPa. Kuat tekan beton ringan yang dihasilkan secara keseluruhan sudah mendekati nilai kuat tekan beton rencana 21 MPa.

4. Penelitian yang dilakukan oleh (Hadi, 2019) dengan penelitian berjudul “Analisis kuat tekan beton ringan dengan bahan tambah styrofoam” Pembuatan beton ringan membutuhkan material campuran yang mempunyai berat jenis yang rendah. Salah satu bahan alternatif yang bisa digunakan adalah styrofoam. Styrofoam atau expanded polystyrene yang terbuat dari polisterin atau lebih dikenal dengan gabus putih yang sering menjadi limbah rumah tangga maupun limbah industri yang menjadi masalah lingkungan karena sifat dari styrofoam itu sendiri yang tidak dapat membusuk serta sulit terurai di alam. Pada penelitian ini diadakan perlakuan pencampuran beton ringan dengan menambah bahan tambah Styrofoam. Penambahan ini mulai dari 5 %, 10, %, 15%, 20%, 25% dan 30%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari penambahan bahan tambah styrofoam terhadap kuat tekan beton. Kesimpulan yang didapat adalah penambahan styrofoam tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton ringan, semakin besar prosentase styrofoam hasil kuat tekan beton semakin menurun.
5. Penelitian yang dilakukan oleh (Miswar, 2020) dengan penelitian berjudul “Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Material Beton Ringan” Berat konstruksi sipil dipengaruhi oleh berat jenis beton. Berat jenis beton diatasi dengan menggunakan material yang ringan, sehingga dihasilkan beton ringan. Beton ringan juga salah satu pilihan untuk mengurangi berat bangunan. Salah satu material yang ringan yaitu batu apung. Metode pencampuran yang dipakai adalah aci modified. Campuran yang akan dilakukan mengacu pada faktor air semen 0,53. Pada saat pembuatan benda uji, maka banyaknya substitusi batu apung yang akan dicampur dengan berbagai variasi persentase yaitu 0%, 30%, 50% dan 100%.

Masing-masing persentase pembuatan benda uji dibuat sebanyak 5 buah. Pengujian pada benda uji adalah uji kuat tekan berturut-turut mengikuti standar ASTM C39-94 dan ASTM 496-96. Dari data kuat tekan, beton yang disubstitusi batu apung 30% dan 50% yang mengalami pengujian memenuhi syarat minimal untuk kuat tekan beton ringan pada pemakaian struktur ringan, dimana penggunaannya sebagai dinding pemikul beban. Data kepustakaan mensyaratkan kuat tekan beton ringan untuk struktur ringan adalah 7 s/d 17 Mpa. Data pengujian didapat 10.7 Mpa untuk substitusi batu apung 30% dan untuk substitusi batu apung 50% didapat 7.96 Mpa. Sedangkan beton substitusi batu apung 100% diperoleh nilai kuat tekan 5.4 Mpa. Namun rongga-rongga yang menyebabkan turunnya kuat tekan malah menyebabkan beton substitusi batu apung menjadi lebih ringan dibandingkan dengan beton normal. Perbandingan hasil pengujian dibandingkan dengan referensi dari sisi berat jenis beton ringan maka beton substitusi batu apung 50% dan 100% yang telah diuji memenuhi persyaratan (ACI Committee 213R-87, 1999) sebagai beton ringan untuk struktur ringan yaitu 1404 dan 864 kg/m³ dimana kisaran beton ringan sesuai referensi adalah 800 – 1400 kg/m³.

6. Penelitian yang dilakukan oleh (Budhi Rahardja et al., 2022) dengan penelitian berjudul “Empowering Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kualitas Bata Beton Ringan (Light-Weight Concrete)” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit terhadap kualitas bata beton ringan yang dihasilkan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan berat satuan antara 800-1900 kg/m³. Pembuatan bata beton ringan diperlukan bahan lain dalam proses pencampuran, diantaranya pasir silika. Pasir Silika adalah komponen struktural utama dalam produk bangunan dan konstruksi, memiliki rumus kimia SiO₂ (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis. Abu sawit memiliki sifat pozzolan dan mengandung unsur silika berkisar 31,45%, sehingga unsur ini dapat dicampurkan dengan semen serta menghasilkan kekuatan mortar lebih tinggi. Pada penelitian ini komposisi abu cangkang

yang digunakan adalah 15%, 30% dan 45%, dengan variasi komposisi bahan lainnya. Hasil perhitungan dan pengujian, penambahan abu cangkang kelapa memberikan kualitas bata beton ringan pada komposisi 30%, dengan kuat tekan : 13,43 MPa, densitas : 1.112,3 kg/m³ dan daya serap air : 28,7%.

7. Penelitian yang dilakukan oleh (Manaf et al., 2023) dengan judul penelitian (penggunaan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton) Beton adalah material utama untuk konstruksi. Namun, meningkatnya penggunaan beton menyebabkan sumber daya yang tersedia menurun, maka perlu alternatif yang dapat mengatasinya yaitu memanfaatkan limbah kelapa sawit dikarenakan cangkang kelapa sawit sifatnya keras diharapkan bisa dijadikan bahan pengganti kerikil. Dalam penelitian ini cangkang sawit dijadikan dua tipe yakni beton dengan 100% cangkang sawit dan beton variasi yang dimana sebagian kerikil digantikan oleh cangkang sawit dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Tujuan penelitian adalah mengetahui mutu beton jika menggunakan 100% cangkang sawit, dan nilai kuat tekan beton jika sebagian kerikilnya diganti menggunakan cangkang sawit dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75 dan 100%. Hasil yang diperoleh bahwa penggunaan 100% cangkang sawit tidak direkomendasikan untuk pembuatan beton, namun jika hanya mengganti sebagian kerikil dapat digunakan namun tidak boleh lebih dari 50%. Adapun proporsi terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah G75-PKS25 dengan nilai kuat tekan beton sebesar 32, 72 Mpa (K350).

2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan studi pustaka dari penelitian terdahulu, penelitian dengan judul “analisis pengaruh substitusi cangkang sawit pada komposisi betonK-175” memiliki beberapa perbedaan dan pembaharuan yaitu:

1. Penelitian Dilakukan Di Laboratorium PT.Riau Mas Bersaudara.
2. Pengambilan cangkang sawit di ambil dari PT. Hutahean.
3. Pengambilan semen menggunakan tipe Portland *Composite Cement*.

4. Pengambilan Agregat halus diambil dari PT. Riau Mas Bersaudara, Pekanbaru.
5. Pengambilan Agregat kasar diambil dari PT. Riau Mas Bersaudara, Pekanbaru.
6. Pengujian kuat tekan beton dilakukan di laboratorium PT. Riau Mas Bersaudara, Pekanbaru.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Deskripsi Beton

Menurut Tjokrodinuljo (2007), beton adalah campuran antara semen portland, agregat kasar, agregat halus, air dan terkadang ditambahkan dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan non kimia pada perbandingan tertentu. Menurut (03-2847, 2013), beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, menggunakan bahan tambahan atau tidak menggunakan bahan tambahan (admixture). Kuat tekan beton merupakan perbandingan utama untuk mengetahui seberapa besar mutu beton yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton diantaranya faktor air semen, bahan tambah, tingkat hidrasi, rongga udara, porositas agregat. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia).

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 seberapaapun 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.

3.4 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 Portland

Semen portland adalah jenis semen yang paling umum digunakan diseluruh dunia sebagai bahan dasar beton, mortar, plester dan adukan non-spesialisasi. Semen ini dikembangkan dari jenis lain kapur hidrolik di Britania Raya pada pertengahan abad ke-19, dan biasanya berasal dari batu kapur. Semen ini adalah serbuk halus yang diproduksi dengan memanaskan batu gamping dan

mineral tanah liat dalam tanur untuk membentuk klinker, penggilingan klinker, dan menambahkan sejumlah kecil bahan lainnya.

Fungsi utama semen ini sendiri adalah sebagai pengikat butiran butiran agregat hingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat. Walaupun komposit semen dalam beton hanya sekitar 10% namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peran semen menjadi penting (Mulyono T, 2003).

Menurut SNI (Anonim, 1993) semen portland adalah campuran semen portland dengan pozolan antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ dalam pozolan minimum 70%.

3.4.2 Agregat

Agregat menempati 70%-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton, dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*), dan ekonomis. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Agregat yang baik dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan, yaitu;

1. Harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang beraktif alkali dan
4. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori .

Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

3.4.2.1 Agregat Halus

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolis (Budhi Rahardja et al., 2022) Tata cara perencanaan struktur beton untuk

bangunan gedung). Agregat halus adalah butiran halus yang memiliki kehalusan 2mm-5mm .

Menurut (Hadi, 2019), Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4.75mm. menurut nevil (1997), agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa dari pasir pemecahan batu yang dihasilkan oleh pemecah batu. Menurut SNI 1737-1989-F, agregat adalah sekumpul butir-butir batu pecah, krikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan .

Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut;

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus dicuci.

3.4.2.2 Agregat Kasar

Menurut (SNI 03-1970, 2008), agregat kasar adalah krikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4.75mm (No. 4) sampai 40mm (No. 1½ inci). Berdasarkan (SNI 03-1970, 2008) agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5mm atau antara 9.75mm dan 37.5 mm.

3.4.2.3 Air

Air memang peranan penting dalam pembuatan adukan beton. Air dan semen akan membuat suatu proses kimiawi, selain itu air juga akan membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton.

jumlah penggunaan air dalam pembuatan beton harus diperhatikan, karena jika penggunaan air terlalu sedikit akan menyebabkan beton sulit dikerjakan, tetapi jika terlalu banyak akan mengurangi kekuatan dari beton.

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organic,dan sebagainya) lebih dari 15 gram/ liter.
- c. Tidak mengandung *chlorida(Cl)* lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa *sulfat* dari 1 gram/liter.

Adapun air yang digunakan pada penelitian ini adalah air yang berada di laboratorium PT. Riau Mas Bersaudara

3.4.2.4 Cangkang Kelapa Sawit

Bahan campuran tambahan agregat kasar dalam beton adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit (*Elaeis*) adalah salah satu tanaman industri sebagai penghasil minyak goreng, minyak industri, maupun bahan bakar (*biodiesel*). Perkebunan Kelapa Sawit dilakukan dalam skala besar menghasilkan keuntungan besar sehingga banyak hutan dan perkebunan lama dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Indonesia adalah negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Pada penelitian ini bagian kelapa sawit yang digunakan adalah cangkang dari kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit adalah bagian pelindung dari buah kelapa sawit itu yang berstruktur keras. Salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit dalam jumlah yang cukup besar adalah cangkang kelapa sawit. Cangkang yang di hasilkan mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi

kandungan selulosa (26,27%), hemiselulosa (12,61%), dan ligin (42,96)% (Widarsi,2008)

3.5 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 perhitungan. Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) ada beberapa perhitungan. Dalam perencanaan campuran beton (*mix design*) ada beberapa macam metode yang dapat dilakukan, antara lain:

1. SNI 03-2834-2000
2. Metode DOE (*departement of environement*)
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 k-175”. 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. 1 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan dan Deviasi Standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (kg/cm ²)		
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	$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$
-------	-------	--------------------	--------------------	--------------------

3. Menghitung nilai tambah margin(M).

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

Dengan: M = Nilai tambah margin

K = 1,64

Sd = Standardeviasi

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

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

Dengan: f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2)

f'_c = kuat tekan yang diisyaratkan (kg/cm^2)

M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen.

6. Menetapkan berat jenis agregat (pasir dan kerikil).

7. Menetapkan faktor air semen.

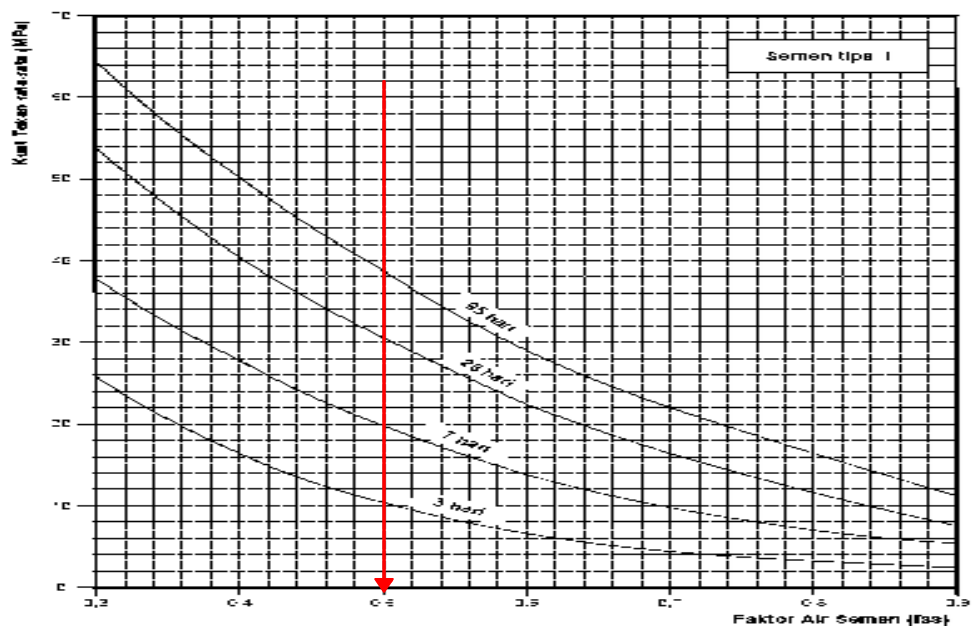
Tabel 3. 2 Perkiraan kekuatan tekan (kg/cm^3) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (kg/cm^3)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk benda uji
		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 3.2 sebagai ordinat. Setelah itu, dari titik X dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan dua grafik yang sudah ada di dekatnya.

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 dengan ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm 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 3.2. Menetapkan faktor air semen maksimum.

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

Jenis Pembetonan	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	325	0,55

b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		Tabel 3.

Sumber: SNI 03-2834-2000

8. Menetapkan nilai *slump*.

Nilai *slump* dapat ditentukan berdasarkan pemakaian beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3. 4 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

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

10. Menetapkan Kadar air bebas.

Kadar air bebas adalah kebutuhan air per meter kubik beton. Nilai kadar air bebas dapat ditentukan dari Tabel 3.5, kemudian dihitung menggunakan persamaan SNI 03-2834-2000.

Tabel 3. 5 Perkiraan Kebutuhan Air per Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat(mm)	Jeni Batuan	Slump (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Batutak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batutak 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

$$W = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan: W = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m³)
W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus
W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

11. Menghitung Kebutuhan Semen.

Kebutuhan semen dapat ditentukan dengan dua cara berikut ini. Untuk menghitung jumlah kebutuhan semen, maka digunakan persamaan (3.4).

$$W_{semen} = \frac{w_{air}}{f_{as}} \dots\dots\dots(3.4)$$

12. Menentukan Kebutuhan Semen Minimum.

Kebutuhan semen minimum dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.2, Tabel 3.3, atau Tabel 3.4. 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.

13. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai.
14. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.
15. Menentukan golongan pasir.
16. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.
17. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil.

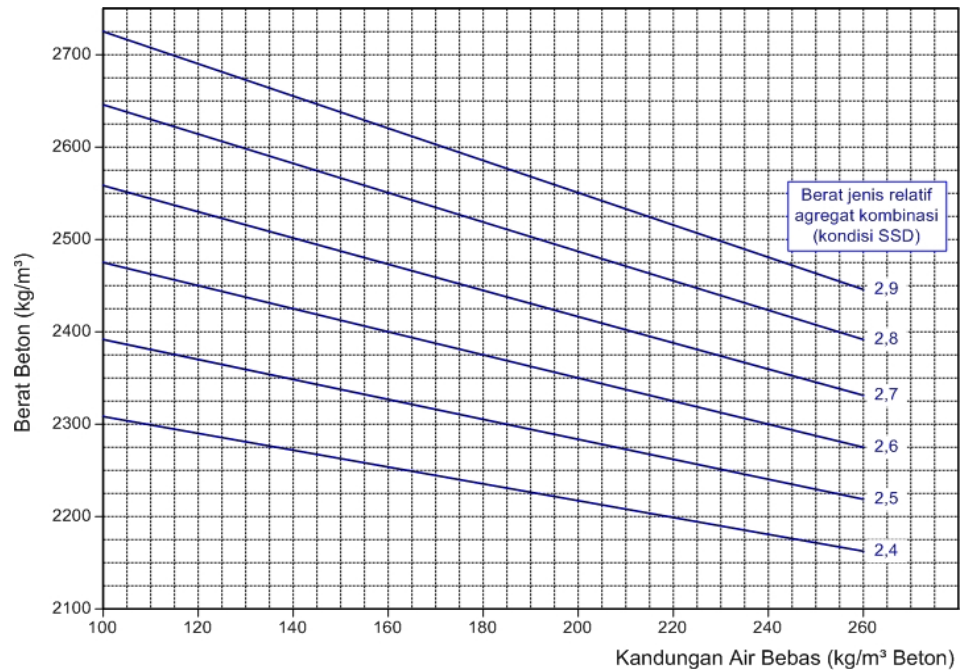
$$B_{j\text{Campuran}} = \left(\frac{p_a}{100} \times B_j \cdot p_a \right) + \left(\frac{p_k}{100} \times B_j \cdot p_k \right) \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan : K_r = Persentase kerikil terhadap agregat campuran

P_a = Persentase pasir terhadap agregat campuran

18. 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

19. Menentukan kadar agregat gabungan.

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan:

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

20. Menentukan kebutuhan agregat halus (pasir).

Kebutuhan pasir = Persen agregat halus x Kadar agregat gabungan.

21. Menentukan kebutuhan agregat kasar.

Kebutuhan agregat kasar = Kadar agregat gabungan – kadar agregat halus.

3.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besar beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu.

Dapat ditulis dengan persamaan (SNI, 2008)): $f'c = \frac{P}{A}$

Keterangan: $f'c$ = kuat tekan beton (N/mm^2)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang yang menerima beban (mm^2)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air. Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam *mix design*. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

- a. FAS atau faktor air semen, hubungan fas dengan kuat tekan beton adalah semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi pada kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan rendah hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.
- b. Umur beton, kekuatan umur beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas maka semakin lambat kenaikan kekuatannya, dan semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat kenaikan kekuatannya.
- c. Jenis semen, kualitas pada semen jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.
- d. Efesiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
- e. Sifat agregat, dalam hal ini kekerasan permukaan, gradasi, dan ukuran maksimum agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.