

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sejarah Beton

Berkembangnya peradaban manusia khususnya dalam hal bangunan, tentu saja hal tersebut tidak lepas dari cerita tentang nenek moyang merekatkan batu – batu raksasa hanya dalam mengandalkan zat putih telur, ketan atau bahan lainnya. Alhasil, berdirilah bangunan fenomenal, seperti Candi Borobudur, Candi Prambanan yang ada di Indonesia ataupun jembatan di Cina yang menurut legenda menggunakan ketan sebagai perekat. Penggunaan aspal alam sebagaimana peradaban di Mahenjo Daro dan Harappa di India ataupun bangunan kuno yang dijumpai di Pulau Buton.

Peristiwa tersebut menunjukkan dikenalnya fungsi beton sejak zaman dahulu. Sebelum mencapai bentuk sempurna seperti sekarang, perekat dan penguat bangunan ini awalnya merupakan hasil campuran batu kapur dan abu vulkanis. Pertama kali ditemukan di zaman Kerajaan Romawi, tepatnya di Pozzuoli, dekat teluk Napoli, Italia. Bubuk itu lantas dinamai *Pozzuollana*. Menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi, sekitar abad pertengahan (tahun 1100 – 1500 M) resep ramuan *Pozzuollana* sempat menghilang dari peredaran. Beton adalah suatu material yang secara harfiah merupakan bentuk dasar dari kehidupan sosial modern.

Beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik dari beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.

Menurut Nawy (1985:8) beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya.

DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK.SNI T-15-1990-03:1).

Pada tahun 1801, F. Coignet menerbitkan tulisannya tentang prinsip-prinsip konstruksi dengan meninjau kelemahan bahan beton terhadap tariknya. Kemudian pada tahun 1850, J.L.Lambot untuk pertama kalinya membuat kapal kecil dari bahan semen untuk di pameran pada pameran dunia tahun 1855. Lalu J. Monir, seorang ahli taman dari Prancis, mematenkan rangka metal sebagai tulangan beton untuk mengatasi tariknya pada tempat tamannya. Pada tahun 1886, seorang warga negara Jerman yang bernama Koenen menerbitkan tulisan mengenai teori dan perancangan struktur beton. Sejarah penemuan teknologi beton dimulai dari :

1. Aspdin (1824) Penemu Portland Cement.
2. J.L Lambot (1850) memperkenalkan konsep dasar konstruksi komposit (gabungan dua bahan konstruksi yang berbeda yang bekerja bersama – sama memikul beban).
3. F. Coignet (1861) melakukan uji coba penggunaan pembedaan pada konstruksi atap, pipa dan kubah.
4. Gustav Wayss & Koenen (1887) serta Hennebique memperkenalkan sengkang sebagai penahan gaya geser dan penggunaan balok “ T ” untuk mengurangi beban akibat berat sendiri.

5. Neuman melakukan analisis letak garis netral; Considere menemukan manfaat kait pada ujung tulangan dan
6. E. Freyssinet memperkenalkan dasar – dasar beton pratekan.

Contoh Pemakaian Konstruksi Beton pada Jamannya:

1. Bangunan kubah Pantheon didirikan th 27 SM
2. Pemakaian Pot bunga dari beton yang menggunakan kawat anyaman (produk dipatenkan oleh Joseph Monier tahun 1867)
3. Pembuatan kapal beton yang dilengkapi penulangan (tahun 1855)
4. Jembatan Lamnyong-Darussalam dan
5. Menara Masjid Raya Baiturrahman Banda Aceh.

Sejarah Analisis dasar perhitungan di Indonesia:

1. PBI 1955 – PBI 1971 yang lebih dikenal dengan perhitungan lentur cara – n dan
2. SK SNI 1991 (T-15-1991-03) tentang Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton.

2.1.2 Pengertian Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini adalah beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. (Syaiful,2011)

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot, beton fiber, beton berkekuatan tinggi dan lain – lain . saat ini beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak dipakai di dunia (Mulyono, Tri. 2004)

Menurut peraturan beton bertulang Indonesia (PBBI 1997), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, air, dan semen portland.

2.1.3 Sifat – Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakteristik beton:

1. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin – lama makin besar
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang

7. Dengan perkiraan komposisi (mix desain) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya
10. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik
11. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik
12. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relative rendah
13. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai kekakuan tinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran
14. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi dan
15. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkak.

2.1.4 Jenis – Jenis Beton

2.1.4.1 Beton Keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kakuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkak, reaksi terhadap temperatur,

keawetan dan kededapan terhadap air . Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktur beton. Berbagai test uji kekuatan dilakukan pada beton keras ini antara lain:

1. Uji kekuatan tekan (*compression test*)
2. Uji kekuatan tarik belah (*splitting tensile test*)
3. Uji kekuatan lentur
4. Uji lekatan antara beton dan tulangan dan
5. Uji Modulus Elastisitas dan lain sebagainya.

2.1.4.2 Beton Segar

Sifat – sifat beton segar hanya penting sejauh mana mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan untuk pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat – sifat beton pada saat mengeras. Ada 2 (dua) hal yang harus diperhatikan ketika membuat beton :

1. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras, seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume, dan
2. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya bleeding dan segregation.

Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas karena penting untuk control kualitas. Pengukuran workabilitas yang telah dikembangkan antara lain:

1. *Slump test*

2. *Compaction test*
3. *Flow test*
4. *Remoulding test*
5. *Penetration test dan*
6. *Mixer test.*

2.1.5 Jenis Beton Berdasarkan Fungsi Dan Kegunaan

Jenis beton dapat dibedakan menjadi 10 macam, yaitu :

1. Beton mortal

Bahan baku pembuatan beton mortar terdiri campuran dari semen, pasir dan batu kapur (*limestone*). Ada tiga ragam mortar yang sering digunakan antara lain semen, kapur, dan agregat halus. Beton ini memiliki kekuatan tarik dan daktilitas yang baik. Jika di campur air, adonan ini lebih kental dan pekat di banding beton atau concrete. Mortar sering di gunakan untuk melekatkan benda seperti bata atau batu agar menyatu. Komposisi mortar biasanya adalah 1 semen : 4-8 pasir. Dipasaran juga tersedia mortar instan yang dijual per sak, masing masing pabrikan juga sudah menambahkan zat adiktif tambahan untuk meningkatkan kualitas dari beton mortar tersebut.

2. Beton ringan

Sesuai namanya, *Lightweight Concrete* atau beton ringan dibuat dengan memakai agregat yang berbobot ringan atau juga kerap menambahkan zat aditif sejenis foam agent yang bisa membentuk gelembung-gelembung udara di dalam beton. Bata ringan sebagai salah satu penerapan beton ringan sudah pernah kita bahas di Mengenal Bata ringan Dan Jenisnya sedangkan untuk proses

pembuatannya ada di proses pembuatan bata ringan *lightweight concrete block*. Semakin banyak jumlah gelembung udara yang tersimpan pada beton, maka pori-porinya pun akan semakin bertambah sehingga ukurannya juga bakal kian membesar. Hasilnya, bobot beton tersebut lebih ringan daripada beton lain yang memiliki ukuran sama persis. Sedangkan beton ringan dengan memakai agregat yang lebih ringan adalah seperti Batako Styrofoam yang juga sudah kita bahas di Batako Styrofoam Memanfaatkan Limbah Untuk Bangunan. Beton ringan biasanya diaplikasikan pada dinding non-struktur dan berat jenisnya tak lebih dari 1900 kg/m³. Bahkan bobotnya bisa mencapai 400 kg/m³ seperti yang diterapkan pada bata ringan CLC maupun AAC

3. Beton non pasir

Beton tanpa pasir atau sedikit pasir juga dikenal dengan beton porous atau beton pervious. Proses pembuatan beton non-pasir sama sekali tidak menggunakan pasir, melainkan hanya kerikil, semen, dan air. Hal ini menyebabkan terbentuknya rongga udara di celah-celah kerikil sehingga total berat jenisnya pun lebih rendah. Karena tidak memakai pasir, kebutuhan semen pada beton ini juga lebih sedikit. Beton Pervious sudah pernah dibahas pada Beton Berpori Sekam Padi Untuk Meminimalisir Banjir dan Cara Kerja Beton Berpori Untuk Meminimalisasi Banjir. Sedangkan cara pengujiaannya diulas di Menguji Dan Memeriksa Hasil Pekerjaan Perkerasan Beton Non Pasir (Beton Berpori). Penggunaan beton non-pasir misalnya pada struktur ringan, kolom, batako, pagar beton, rabat beton serta buis beton. Beton ini juga berguna untuk menciptakan beton dengan permeabilitas tinggi yang

dapat mengalirkan air ke lapisan bawahnya. Berat jenisnya sendiri berkisar antara $1963,04 \text{ kg/m}^3$ hingga $2047,34 \text{ kg/m}^3$

4. Beton hampa

Beton ini khusus untuk bangunan konstruksi dengan spesifikasi khusus. Disebut hampa karena dalam pembuatannya dilakukan penyedotan air pengencer adukan beton memakai alat vacuum khusus. Akibatnya beton pun hanya mengandung air yang telah bereaksi dengan semen saja sehingga memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Tak heran, beton hampa banyak sekali dimanfaatkan dalam pendirian bangunan-bangunan pencakar langit.

5. Beton bertulang

Beton bertulang tercipta dari perpaduan adukan beton dan tulangan baja. Perlu diketahui, beton mempunyai sifat kuat terhadap gaya tekan, tetapi lemah dengan gaya tarik. Oleh karena itu, tulangan baja sengaja ditanamkan ke dalamnya agar kekuatan beton tersebut terhadap gaya tarik meningkat. Beton bertulang adalah konstruksi yang sudah sangat umum digunakan didalam berbagai proyek konstruksi. Beton bertulang biasanya dipasang pada struktur bentang lebar seperti pelat lantai, kolom bangunan, jalan, jembatan, dan sebagainya.

6. Beton pra tegang

Pada dasarnya, pembuatan beton pra-tegang mirip sekali dengan beton bertulang. Perbedaannya hanyalah terletak pada tulangan baja yang bakal dimasukkan ke beton harus ditegangkan terlebih dahulu. Pembahasan tentang beton prategang secara luas ada di Mengenal beton prategang di dalam sebuah konstruksi. Tulangan yang diberikan adalah tulangan khusus seperti pc bar, pc wire atau pc

strand. Ulasan lengkap tentang Pc bar, Pc wire dan Pc Strand bisa dilihat di Mengenal Pc Wire, PC Bar dan Pc Strand dalam Industri Beton Pratekan Tujuannya supaya beton tidak mengalami keretakan walaupun menahan beban lenturan yang besar. Penerapan beton pra-tegang juga banyak dilakukan untuk menyangga struktur bangunan bentang lebar.

7. Beton pra cetak

Beton yang dicetak di luar area pengerjaan proyek pembangunan disebut beton pra-cetak atau lebih dikenal dengan industri precast. Beton ini memang sengaja dibuat di tempat lain agar kualitasnya lebih baik. Selain itu, pemilihan beton tersebut juga kerap didasari pada sempitnya lokasi proyek dan tidak adanya tenaga yang tersedia. Beton pra-cetak biasanya diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang pembangunan dan pengadaan material.

8. Beton massa

Beton massa yaitu beton yang dibuat dalam jumlah yang cukup banyak. Penuangan beton ini juga sangat besar di atas kebutuhan rata-rata. Begitu pula dengan perbandingan antara volume dan luas permukaannya pun sangat tinggi. Pada umumnya, beton massa memiliki dimensi yang berukuran lebih dari 60 cm. Beton ini banyak diaplikasikan pada pembuatan pondasi besar, pilar bangunan, dan bendungan.

9. Beton Siklop

Beton siklop merupakan beton yang menggunakan agregat cukup besar sebagai bahan pengisi tambahannya. Ukuran penampang agregat tersebut berkisar antara 15-20 cm. Bahan ini lantas ditambahkan ke adukan beton normal sehingga

dapat meningkatkan kekuatannya. Beton siklop seringkali dibangun pada bendungan, jembatan, dan bangunan air lainnya.

10. Beton serat

Secara prinsip, beton serat dibuat dengan menambahkan serat-serat tertentu ke dalam adukan beton. Contoh-contoh serat yang lumrah dipakai di antaranya asbestos, plastik, kawat baja, hingga tumbuh-tumbuhan. Penambahan serat dimaksudkan untuk menaikkan daktilitas pada beton tersebut sehingga tidak mudah mengalami keretakan

2.1.6 Kelebihan Dan Kekurangan Beton

Disamping beton memiliki pengelompokan, beton juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan Berdasarkan (SNI 03-2847-2013) sebagai berikut :

2.1.6.1 Kelebihan Beton

Kelebihan dari beton antara lain:

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen Portland.
2. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah
3. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
4. Ukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan beton tak bertulang atau pasangan batu.

5. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan.

2.1.6.2 Kekurangan Beton

Kekurangan daripada beton antara lain:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa.
2. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah sehingga dilatasi (contraction joint) perlu diadakan pada beton yang panjang/lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
3. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu sehingga perlu dibuat dilatasi (expansion joint) untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
4. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
5. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

2.1.7 Bahan – Bahan Penyusun Beton

Beton adalah suatu Campuran dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan-ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Pada prinsipnya pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt dan sebagainya). Rongga di antara

bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus. Hal ini memberi gambaran bahwa harus ada perbandingan optimal antara agregat campuran yang bentuknya berbeda-beda agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material. Material penyusun beton secara umum dibedakan atas:

1. Semen : bahan pengikat hidrolis
2. Agregat Campuran : bahan batu-batuan yang netral (tidak bereaksi) dan merupakan bentuk sebagian besar beton (misalnya: pasir, kerikil, batu-pecah, basalt);
3. Air
4. Bahan tambahan (*admixtures*) bahan kimia tambahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton.

2.1.7.1 Semen

Semen Portland (PC) merupakan material yang banyak dipakai dalam pembangunan karena sifatnya yang sangat baik sebagai bahan ikat. Semen portland dapat mengikat butir-butir agregat kasar dan agregat halus secara bersamaan, sehingga menjadi suatu massa yang solid. Menurut PUBI (1982), semen portland dihasilkan dari proses penghalusan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, dengan gips sebagai bahan tambah. Semen Portland adalah bubuk/bulk berwarna abu-abu yang dibentuk dari bahan utama berupa hasil pembakaran batu kapur/gamping dan lempung/tanah liat dengan suhu dan tekanan tinggi (Supriyono, 2012). Sebagian dari hasil pembakaran tersebut membentuk klinker, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (gypsum) dalam jumlah tertentu untuk menghasilkan semen. Semen yang memiliki mutu yang baik

membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengeras jika dicampur dengan air. Manap (1987) menyatakan pada dasarnya semen memerlukan jumlah air sebanyak 32% dari berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila kurang dari 40% dari berat semen maka reaksi kimia tidak selesai dengan sempurna.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 (2004), semen dibagi menjadi lima tipe, yaitu sebagai berikut:

1. Jenis I, yaitu penggunaan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus
2. Jenis II, yaitu penggunaan yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang
3. Jenis III, yaitu penggunaan yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahun permulaan (awal) setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu penggunaan yang memerlukan ketahanan hidrasi rendah, dan
5. Jenis V, yaitu penggunaan yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.1.7.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70 % - 75 % dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam

pembuatan beton. Berdasarkan ukuran besar butirannya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Untuk menghasilkan beton dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Terdapat dua jenis agregat yaitu:

1. Agregat halus

Agregat halus (pasir) terdiri dari butiran sebesar 0,14mm – 5mm yang didapat dari hasil pelapukan batuan alam atau hasil pemecahan batuan (Supriyono, 2012). Berdasarkan sumbernya, pasir dapat berasal dari sungai ataupun galian (quarry). Pasir merupakan salah satu material penting dalam pembuatan batako, karena fungsinya sebagai pengisi yang digunakan dengan semen dalam membuat adukan. Mutu pasir sangat berpengaruh terhadap kekuatan batako, sehingga pasir yang digunakan dalam pembuatan batako harus mempunyai mutu yang baik yaitu yang bebas dari lumpur, tanah liat, dan zat organik. Menurut PUBI (1982), pasir yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Pasir beton harus bersih bila, dengan tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70% bila dicucui dengan larutan khusus.

2. Kandungan lumpur yang tertahan ayakan No. 200 (0,075 mm) tidak lebih besar dari 5% berat.
3. Angka modulus halus butir terletak antara 2,2 sampai 3,2 bila diuji menggunakan ayakan dengan ukuran berturut-turut 0,15 mm; 0,3 mm; 0,6 mm; 1,18 mm; 2,36 mm; 4,75 mm; dan 9,5 mm dengan fraksi yang lolos ayakan 0,3 mm minimal 15% berat.
4. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila diremdam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
5. Kekekalan terhadap larutan $MgSO_4$, fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.

Agregat dikelompokkan dalam 4 zona yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar dan pasir kasar seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Pengelompokan Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butiran yang lolos ayakan			
	Zona I (pasir kasar)	Zona II (pasir agak kasar)	Zona III (pasir agak halus)	Zona IV (pasir halus)
9,5	100	100	100	100
4,74	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100

Tabel 2.1 Lanjutan.

2,36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,18	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 : *British Standard 882 (1973)*

2. Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukuran butirannya lebih besar dari 4,76 mm atau tertahan pada ayakan No.4. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek merusak lainnya. Jenis agregat kasar pada umumnya adalah (Nawy, 1990):

1. Batu pecah alami, didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Batu ini memberikan kekuatan yang tinggi tetapi kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami, didapat dari proses alami yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu peeah.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.

4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya : baja pecah, magnetit dan limonit.

2.1.7.3 Air

Air merupakan bahan yang sangat berperan penting dalam proses pembuatan beton. Air juga sangat berpengaruh terhadap mutu beton, sehingga air yang digunakan harus bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Air diperlukan agar terjadi reaksi kimia pada semen yang menyebabkan campuran menjadi keras dalam jangka waktu tertentu (Pratama, 2012). Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (2002), persyaratan air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organik, dan bahan lain yang dapat merusak beton.
2. Jumlah air yang digunakan pada campuran dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan secara tepat.

Pada umumnya air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Jumlah air yang digunakan untuk membuat campuran beton juga harus diperhitungkan dengan tepat, jika jumlah air yang digunakan terlalu sedikit maka proses pembuatan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan mengalami penyusutan setelah beton mengeras.

2.1.7.4 Bahan Tambahan (*admixture*)

Bahan Tambah (*Admixture*) Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air, pasir dan kerikil) yang dicampur pada saat proses pengadukan berlangsung, yang bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras (Tjokrodinuljo, 1992).

Karena bahan tambah digunakan untuk meningkatkan mutu beton maka dalam proses pengerjaannya baik dalam proses pengadukan maupun dalam proses penguangannya perlu dilakukan pengawasan secara ketat, sehingga hasil dari bahan tambah pada beton bisa lebih optimal. Menurut (LJ. Murdock dan K.M. Brook), bahan tambah yang berlebihan dapat menurunkan sekali kekuatan atau sifat-sifat beton yang lain

2.1.8 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah adalah serbuk yang sama sekali atau sangat tidak mudah larut (yang tidak mengandung garam yang memiliki kecenderungan menyerap air dari udara dan yang dicampurkan dalam jumlah kecil), harus dicampur dengan sebagian semen sebelum dimasukkan ke dalam campuran, untuk menjamin penyebaran yang merata keseluruhan campuran (SNI 2493-2011, 2011).

2.1.8.1 Cangkang Telur

Lapisan terluar dari telur adalah cangkang telur, lapisan ini memiliki tekstur keras maupun lunak, tergantung dari jenis telurnya. Cangkang kulit telur umggas tersusun dari kalsium karbonat (CaCO_3). Kulit telur kering mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher dan Miles, 1990). Sementara

itu, Huston (2005) melaporkan bahwa kulit telur terdiri atas 97% kalsium karbonat. Selain itu, rerata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga (Butcher dan Miles, 1990). Kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen.

Berikut adalah kandungan yang terdapat pada cangkang telur :

1. Kalsium Karbonat (95%)
2. Kalium Phospat (1%)
3. Magnesium Karbonat (1%)
4. Fosfor (3%)

Cangkang telur kering hampir 95% berupa kalsium karbonat. Bahan lain material berupa mineral (magnesium karbonat, dan kalsium fosfat) dan sisa protein telur yang melekat tertinggal di lapisan cangkang telur.

2.1.8.2 Proses Pembuatan Serbuk Limbah Cangkang Telur

Untuk memudahkan proses pencampuran limbah cangkang kulit telur harus diolah dijadikan serbuk terlebih dahulu. Adapun langkah – langkah pengolahan yaitu :

1. Pengumpulan material bahan (limbah cangkang kulit telur)
2. Setelah terkumpul limbah cangkang kulit telur dicuci bersih kemudian dikeringkan
3. Limbah cangkang kulit telur yang sudah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk

4. Setelah ditumbuk ayak serbuk limbah cangkang kulit telur sehingga mendapatkan tekstur serbuk yang sesuai untuk penelitian

2.1.9 Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor Air Semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan beton, kenaikan faktor Air Semen (fas) mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas ketahanan terhadap gaya dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan (Murdock dan Brook, 1978). Dalam campuran beton, fas mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua untuk pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar memudahkan pencetakan. Adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan yaitu :

1. Kehalusan semen
2. Faktor air semen
3. Temperatur suhu

Kehalusan penggilingan semen akan mempengaruhi kecepatan pengikatan. Kehalusan penggilingan penampang spesifik adalah total diameter penampang semen. Jika penampang lebih besar maka akan memperluas bidang kontak dengan air yang semakin besar. Semakin besar bidang persinggungan semakin cepat bereaksinya. Karena itu kekuatan awal dari semen yang lebih halus akan lebih tinggi, sehingga pengaruh akhirnya berkurang

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara berat air dan semen yang dapat ditulis sebagai berikut (R. Sigil dkk, 1993) :

$$Fas = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Pada beton biasa, faktor air semen dipakai antara 0,5 - 0,6 yang akan menghasilkan kuat tekan rata-rata sekitar 45 MPa dan 25 MPa (tergantung pada faktor-faktor lain).

Tabel 2.2 Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi Elemen	Nilai FAS
Beton di dalam ruang bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi	0,52
Beton diluar bangunan	
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

Sumber : Buku Teknologi Beton, Kardiyono, 1992

2.1.10 Slump

Slump pada dasarnya merupakan salah satu pengtesan sederhana untuk mengetahui workability beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. Workability beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*)
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*)
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*)
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*)
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*)

Namun selain besaran nilai slump, yang harus diperhatikan untuk menjaga kelayakan pengerjaan beton segar adalah tampilan visual beton, jenis dan sifat keruntuhan pada saat pengujian slump dilakukan. Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak.

Pengukuran slump dilakukan dengan mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam 2 peraturan standar :

1. PBI 1971 NI 2 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia)
2. SNI 1972-2008 (Cara Uji Slump Beton)

Terdapat sedikit perbedaan pada dua peraturan tersebut, sehingga pengukuran slump harus dilakukan sesuai peraturan atau standar yang ditetapkan dalam RKS (Spesifikasi Teknis) atau yang disetujui oleh Pengawas Proyek

Berdasarkan PBI 1971 NI 2 Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams :
 - Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
 - Diameter atas 10 cm
 - Diameter bawah 20 cm
 - Tinggi 30 cm
2. Batang besi penusuk :
 - Diameter 16 mm
 - Panjang 60 cm
 - Ujung dibulatkan
3. Alas : rata, tidak menyerap air

Langkah pengujian :

1. Kerucut Abrams diletakkan di atas bidang alas yang rata dan tidak menyerap air
2. Kerucut diisi adukan beton sambil ditekan supaya tidak bergeser
3. Adukan beton diisikan dalam 3 lapis, masing-masing diatur supaya sama tebalnya ($\frac{1}{3}$ tinggi kerucut Abrams)
4. Setiap lapis ditusuk-tusuk dengan batang penusuk sebanyak 10 kali

5. Setelah selesai, bidang atas diratakan
6. Dibiarkan $\frac{1}{2}$ menit (sambil membersihkan sisa jatuhan beton di samping kerucut Abrams)
7. Kerucut ditarik vertikal ke atas dengan hati-hati – tidak boleh diputar atau ada gerakan menggeser selama menarik kerucut
8. Diukur penurunan puncak beton segar yang diuji slump-nya
9. Penyimpangan nilai slump dari nilai yang direkomendasikan, diijinkan apabila terbukti dan dipenuhi : Beton tetap dapat dikerjakan dengan baik
10. Tidak terjadi pemisahan dalam adukan beton segar

Mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur untuk mendapatkan workability yang diperlukan :

Tabel 2.3 Nilai – Nilai Slump

No	Elemen Struktur	Slump Maks (cm)	Slump Min (cm)
1	Plat Pondasi, Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi Telapak Tidak Bertulang, kasion dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat (Lantai), Balok, Kolom dan Dinding	15,0	7,5
4	Jalan Beton Bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan Massal	7,5	2,5

Sumber : PBI 1971 NI 2

Berdasar SNI 1972:2008 Pengukuran slump berdasar peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams :

- Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
- Diameter atas 102 mm.
- Diameter bawah 203 mm.
- Tinggi 305 mm.
- Tebal plat min 1,5 mm.

2. Batang besi penusuk :

- Diameter 16 mm.
- Panjang 60 cm.
- Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm.

3. Alas :

- Datar.
- Dalam kondisi lembab.
- Tidak menyerap air dan kaku.

Langkah pengujian :

1. Kerucut Abrams (cetakan) dibasahi, ditempatkan di atas permukaan yang datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku

2. Pengisian cetakan dibagi 3 kali, masing-masing sekitar $\frac{1}{3}$ volume cetakan – tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata dan menembus ke lapis sebelumnya/di bawahnya – namun tidak boleh menyentuh dasar cetakan
3. Lapis terakhir dilebihkan pengisiannya – setelah dipadatkan lalu diratakan dengan menggelindingkan batang penusuk di atasnya
4. Segera setelah permukaan atas beton diratakan, cetakan diangkat dengan kecepatan 3-7 detik, diangkat lurus vertikal – tidak boleh diputar atau digeser ke samping selama mengangkat kerucut
5. Seluruh proses dari awal sampai selesainya pengangkatan cetakan tidak boleh lebih lama dari 2,5 menit
6. Letakkan cetakan di samping beton yang diuji slump-nya (boleh diletakkan dibalik posisinya) dan ukur nilai slump : penurunan permukaan atas beton pada posisi titik tengah permukaan atasnya
7. Jika terjadi kegagalan slump (tidak memenuhi kisaran slump yang disyaratkan, keruntuhan benda uji termasuk keruntuhan geser), maka pengujian diulang-maksimal 3 kali, jika masih gagal maka beton dinyatakan tidak memenuhi syarat dan ditolak
8. Syarat variasi pengukuran yang memenuhi syarat dari 3 pengukuran : minimum 2 memenuhi syarat dengan selisih pengukuran tidak lebih dari 21 mm.

2.1.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan beban per-satuan luas yang bekerja pada benda uji, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya beban maksimum yang terjadi pada mortar dan material batako-kait akibat gaya normal. Menurut SNI 03- 1974-1990, besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan Persamaan 2.2.

$$f'c = P / A \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:

$f'c$ = kuat tekan (Mpa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas permukaan benda uji (mm^2).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai cangkang kulit telur sebagai bahan tambah pembuatan beton, kuat tekan beton, dan juga tentang beton adalah sebagai berikut:

2.2.1 Novianti, D., Syavira, Hamdi, Tilik, L. N. (2019)

Penelitian oleh Dina Novianti, Syavira, Hamdi, Lina Flaviana Tilik (2019) melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Cangkang Telur Ayam Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton “ PILAR JURNAL TEKNIK SIPIL Vol 14 No. 02, September 2019. Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, ISSN (Print) : 1907 – 6975. Dimana dalam penelitian tersebut dilakukan pembuatan beton dengan menggunakan campuran dari cangkang kulit telur. Komposisi penambahan dengan cangkang telur ayam menggunakan variable dengan presentase 0%, 1%, 2,5% dan 5% terhadap volume campuran dan variable terikat adalah kuat tekan beton. Untuk setiap variasi direncanakan 4 sample setiap pengujian yakni yang akan digunakan uji kuat tekan beton pada umur 3 hari, 14

hari, 28 hari. Hasil dari penelitian tersebut yakni kuat tekan beton normal yang dihasilkan pada umur 28 hari ialah 41,204 Mpa. Lalu untuk kuat tekan beton variasi cangkang telur 1% ialah sebesar 29,735 Mpa dan beton variasi cangkang telur 2,5% ialah sebesar 25,077 Mpa. Untuk beton normal dan beton variasi cangkang telur 1% dan beton variasi cangkang telur 2,5% memenuhi kuat tekan rencana yaitu $f_c' 25$.

2.2.2 Abidin, M. N., Qomariah, Naibaho, A. (2020)

Penelitian yang dilakukan Mochammad Nur Abidin, Qomariah, Armin Naibaho (2020). Dengan judul skripsi “ Performa Beton Abu Cangkang Telur Sebagai Bahan Tambah Semen “ yang diterbitkan JOS – MRK Volume 1, Nomor 2, September 2020, Page 164-169. ISSN : 2722-9203 Politeknik Negeri Malang telah melakukan riset dengan variasi campuran penambahan abu cangkang telur sebesar 0%, 5%, 7,5%, dan 10% dengan hasil kuat tekan abu cangkang telur pada umur 28 hari rata – rata dengan variasi 0% sebesar 37,97 Mpa, variasi 5% sebesar 36,59 Mpa, variasi 7,5% sebesar 22,63%, variasi 10% sebesar 28,64 Mpa. Pada pengujian kuat tekan penurunan maksimal terjadi di variasi 7,5% dengan penurunan 40,4% dari variasi 0%.

2.2.3 Ikhwan, M., Satriawan, Melwita, E. (2017)

Penelitian yang dilakukan Muhammad Ikhwan, Satriawan, Elda Melwita (2017) dengan judul “ Reaksi Penambahan Aditif Kalsium Klorida (CaCl_2) Dari Limbah Kulit Telur Terhadap Reaksi Pengerasan Semen” Jurnal Teknik Kimia No. 1, Vol. 23, Januari 2017 page 48 – 56. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan waktu ikat awal mortar dengan menggunakan CaCl_2 murni dan CaCl_2 dari cangkang telur tidak begitu signifikan, dibuktikan pada penambahan CaCl_2 murni sebesar 2% didapatkan waktu ikat awal/penetrasi minimal 15 sedangkan CaCl_2 dari cangkang telur didapatkan penetrasi minimal 17,
2. Komposisi Ideal zat *accelerator*/ CaCl_2 dari cangkang telur yang ditambahkan pada semen adalah 2% dibuktikan dengan interval waktu 240 menit sudah menghasilkan penetrasi minimum 17.
3. Perbedaan daya serap mortar setelah maupun sebelum ditambahkan zat *accelerator* CaCl_2 sangat signifikan, dibuktikan dengan penambahan *accelerator* 2% didapatkan daya serap mortar 9,57% sedangkan tanpa penambahan *accelerator* 17,45%.

2.2.4 Handika, P. N., Sianturi, R. D. P., Sari, H. P., Luthan, P. L. A. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Pan Surya Handika, Reskhi Dwi Putra Sianturi, Henny Puspita Sari, Putri Lynna A Luthan (2019) dengan judul “ Beton Dari Ampas Tebu Dan Putih Telur “ EDUCATIONAL BUILDING Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil Vol. 5, No.1, Juni 2019: 8-14, ISSN-E : 2477-4901, ISSN-P: 2477-4898. Universitas Negeri Medan. Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut pertama Kuat tekan yang dihasilkan dengan substitusi parsial semen dengan AAT dan PT memberikan nilai lebih kecil dari kuat tekan yang direncanakan pada beton normal tanpa campuran AAT dan PT dan penurunan terbesar terjadi pada pada prosentase AAT 5% dan PT 15% pada umur 14 hari, kedua Semakin besar substitusi abu ampas tebu dan putih telur maka semakin tinggi nilai sulmp yang dihasilkan atau campuran beton

semakin encer dan membuat pengikatan air dan semen menjadi lama, ketiga Penambahan AAT dan PT mengakibatkan penurunan pada berat beton bahwa berat beton minimum diperoleh dari substitusi AAT dan PT pada persentasi campuran sebesar 5% ATT dan 10% PT dengan nilai sebesar 10,604 Kg dan ke empat dari hasil penelitian ini beton dengan campuran AAT dan PT dengan kuat tekan yang dihasilkan beton tidak dapat dijadikan sebagai kontruksi struktur utama namau dari hasil kuat tekan yang didapat dan berat yang didapat beton ini dapat digunakan sebagai dinding persyaratan sebagai dinding memiliki ketentuan MPa 0,35 – 7 MPa.

2.2.5 Tumbel, G. W. Y., Dapas, S. O., Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh George W. Y. Tumbel, Servie O. Dapas, Mielke R. I. A. J. Mondoringin (2020) dengan judul “ Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton” Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Mei 2020 (293-298) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menghasilkan hasil sebagai berikut: Untuk mendapatkan nilai slump 75-100mm pada setiap penambahan presentase serbuk cangkang telur perlu penambahan air (FAS aktual) sehingga beton memiliki workability yang baik. Nilai kuat tekan campuran beton serbuk cangkang telur mengalami penurunan berkisar pada 15.81-46.10 % dari beton normal. Nilai kuat tarik lentur campuran beton serbuk cangkang telur mengalami penurunan berkisar pada 19.62-37.09 % dari beton normal. Nilai perbandingan kuat tarik lentur (f_r) erhadap akar kuadrat kuat tekan ($\sqrt{f_c}$) ang didapat berkisar pada 1.15-1.35.

2.2.6 Jecky, T., Meilawaty, O., Frieda (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Tara Jecky, Okta Meilawaty, Frieda (2018) dengan judul “ Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Untuk Mereduksi Pemakaian Semen Pada Campuran Beton “ Volume 4, Nomor 1, Januari 2018 Jurusan/Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik–Universitas Palangka Raya. Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium terhadap pengaruh reduksi sebagian pemakaian semen dengan bubuk kulit telur ayam ras, adalah sebagai berikut:

1. Hasil bubuk kulit telur ayam ras memiliki karakter fisik bergradasi lembut dan berwarna putih.
2. Nilai slump terlihat variatif dikarenakan kondisi pengecoran sampel yang memiliki kondisi agregat yang berbeda-beda dalam setiap pengecoran sampling molen per 5 buah sampel. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi nilai reduksi semakin besar nilai peningkatan slump.
3. Nilai reduksi bubuk kulit telur ayam ras terhadap penggunaan semen pada campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan yang bervariasi. Nilai kuat tekan karakteristik berturut-turut yaitu: 0% = 194,941 kg/cm² ; 2,5% = 208,873 kg/cm² ; 5% = 203,587 kg/cm² ; 7,5% = 192,370 kg/cm² ; dan 10% = 135,792 kg/cm² . Dari nilai kuat tekan karakteristik tersebut dapat dikatakan beton yang dengan bahan kulit telur ayam ras mengalami penurunan berbanding lurus dengan jumlah reduksi.
4. Berdasarkan pengamatan dari nilai kuat tekan karakteristik mengindikasikan bahwa bubuk kulit telur ayam ras belum dapat meningkatkan nilai kuat beton secara optimal dalam pencampuran terhadap beton

2.2.7 Syahwati, M., Wahyuni, A. S. (2019)

Penelitian oleh Manis Syahwati, Ade Sri Wahyuni (2019) dengan judul “Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Moetar (Kajian Terhadap Adukan Mortar 1Pc : 3 Ps)” Universitas Negeri Bengkulu bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan absorpsi mortal beton yang telah diberikan bahan tambah bubuk cangkang telur dengan variasi campuran terhadap semen 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%. Hasil dari penelitian tersebut adalah penambahan bubuk cangkang telur pada mortar dapat meningkatkan kuat tekan mortar. Kuat tekan mortar terbesar terjadi pada penambahan 12,5% bubuk cangkang telur dengan nilai kuat tekan 13,49 Mpa dengan presentase kenaikan kekuatan 22,04%. Penggunaan bubuk cangkang telur sebagai bahan penambah semen menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dari normal namun ketika penambahan bubuk cangkang telur lebih dari 12,5% kuat tekan mortar menurun, hubungan antara kuat tekan dengan absorpsi mortal relevan kecuali penambahan 5% dan 15% bubuk cangkang telur

2.2.8 Audina, A. (2018)

Penelitian oleh Adhea Audina (2018) dengan judul “ Pemanfaatan Limbah Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Alternatif Campuran Beton” JUTATEKS, Vol 2, No. 1, pp. 11-15 2019 bertujuan untuk mengetahui pengaruh cangkang telur terhadap kuat tekan beton. Cangkang telur yang digunakan adalah cangkang telur yang sudah dicuci bersih, dikeringkan dan ditumbuk sehingga menjadi bentuk ESP (*eggshell powder*). Yang berasal dari limbah di Balikpapan. Berikut ini adalah

perhitungan proporsi cangkang telur dengan variasi 3%, 5%, dan 7% pada campuran beton normal dari berat semen sebagai berikut :

1. Variasi cangkang telur 3% berat semen 5,01 kg. berat serbuk ESP 0,15 kg.
2. Variasi cangkang telur 5% berat semen 4,09 kg. berat serbuk ESP 0,26 kg.
3. Variasi cangkang telur 7% berat semen 4,66 kg. berat serbuk ESP 0,20 kg.

Kesimpulan penelitian, kuat tekan beton dengan variasi ESP 7% menghasilkan kuat tekan beton yang lebih baik dibandingkan dengan variasi ESP 3% dan 5%.

2.2.9 Fitriani, S., Fathul M, W. M., Farida, I. (2017)

Penelitian yang dilakukan Siti Fitriani, Wiki Muhammad Fathul M, Ida Farida (2017) dengan judul “Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen “ ISSN : 2302-7312 Vol. 15 No. 1 2017, Sekolah Tinggi Teknologi Garut dari hasil penelitian tersebut Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar didapatkan bahwa untuk pengujian analisa saringan, berat jenis spesifik, dan kadar air semua memenuhi spesifikasi SNI sehingga agregat dapat digunakan. Dari pengujian kuat tekan beton G-Concrete dapat disimpulkan bahwa beton dengan material cangkang telur dapat dimanfaatkan untuk pengerjaan konstruksi struktural ataupun nonstruktural seperti bangunan yang membutuhkan daya beban yang umum seperti perumahan, sculpture, interior rumah dan lainnya. Berdasarkan material yang didapatkan dalam pembuatan beton ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih optimal diperlukan material yang lebih bagus kualitasnya.

2.2.10 Frieda, Meilawaty, O., Fadila Aqila, H.A.B. (2018)

Penelitian yang dilaksanakan oleh Frieda, Okta Meilawaty, Fadila Aqila H.A.B. (2018) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pereduksi Semen Dalam Campuran Beton Berpori Ramah Lingkungan (Green Previous Concrete)”. Jurnal Teknik, Vol. 1, No. 2, April 2018, hlm 129 – 135, ISSN 2620 8334, Universitas Palangka Raya. Metode penelitian dengan menggunakan benda uji kubus dengan ukuran 15x15x15 cm dengan variabel pereduksi semen 0%, 2,5%, dan 5%. Dari penelitian tersebut didapatkan Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 9,5 mm dan 19 mm (1A, 2A, dan 3A) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 45,959 %, kecepatan lolos air = 4,574 cm/detik, persentase lolos air = 93,5 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 45,953 %, kecepatan lolos air = 4,88 cm/detik, persentase lolos air = 94,5 % ; 5% = persentase rongga udara = 44,919 %, kecepatan lolos air = 4,63 cm/detik, persentase lolos air = 92,5 %. Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 9,5 mm (1B, 2B, dan 3B) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 46,105 %, kecepatan lolos air = 4,306 cm/detik, persentase lolos air = 92,6 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 48,189 %, kecepatan lolos air = 4,72 cm/detik, persentase lolos air = 93,7 % ; 5% = persentase rongga udara = 45,581 %, kecepatan lolos air = 4,47 cm/detik, persentase lolos air = 91,4 %. Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 19 mm (1C, 2C, dan 3C) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 51,079 %, kecepatan lolos air = 4,70 cm/detik, persentase lolos air = 96,3 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 51,420 %, kecepatan lolos air = 4,98 cm/detik, persentase

lolos air = 98,5 % ; 5% = persentase rongga udara = 50,428 %, kecepatan lolos air = 4,87 cm/detik, persentase lolos air = 95,6 %. Bubuk cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori menghasilkan peningkatan nilai permeabilitas padareduksi 2,5 %. Hal ini mengindikasikan bahwa cangkang telur ayam ras dapat meningkatkan nilai permeabilitas beton berpori terhadap semen. Nilai reduksi cangkang telur ayam ras terhadap semen optimum adalah 5% dengan nilai selisih harga terhadap harga beton tanpa reduksi adalah Rp 9.717,59,- / m³ .

2.2.11 Suria, A., Saputro, I. N., Rahmawati, A., Satupi, W.I. (2014)

Penelitian yang dilakukan oleh Asmadi Suria, Ida Nugroho Saputro, Anis Rahmawati, Wahyu Indri Satupi, dengan judul "Pengaruh Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Jenis Pada Beton Normal" yang telah diterbitkan oleh JIPTEK, Volume VII, No 01 (2014) Universitas Sebelas Maret Surakarta, Januari 2014, Hal 63-69, telah menemukan bahwa dengan rencana campuran menggunakan *Mix Design* berdasarkan pada SK SNI 03-2847-2002. Dengan hasil penelitian dapat di peroleh prosentase penggantian terak yang optimal sebesar 39,986 % dengan kekuatan tekan maksimal sebesar 22,626 MPa. Pengaruh terak sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton. Dimana dapat dilihat pada hasil analisis regresi dengan Curve Estimation model Linier, Quadratic diperoleh nilai probabilitas 0,001 (< 0,05) pada taraf signifikansi 5%. Penggantian terak sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh sangat kuat terhadap berat jenis beton. Pada hasil uji berat jenis menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan terak, mengakibatkan semakin tinggi nilai berat jenis beton. Variasi terak sebagai pengganti agregat kasar

menghasilkan berat jenis beton normal pada prosentase 0%, 10%, 20%, sedangkan pada prosentase 30%, 40%, 60%, 80%, 100% menghasilkan berat jenis yang tidak masuk dalam kriteria berat jenis beton normal ($> 2400\text{kg/m}^3$). Berat jenis beton normal $2300\text{ kg/m}^3 - 2400\text{ kg/m}^3$ (Tjokrodimuljo, 2004). Simpulan penelitian ini adalah variasi terak sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton dan berpengaruh sangat kuat terhadap berat jenis beton sehingga dapat digunakan dalam struktur bangunan.

2.2.12 Suria, A., Neneng, I., Wan, A. (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Asmadi Suria, Ipank Neneng, Wan Alamsyah, dengan judul "Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Campuran Dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton" yang telah diterbitkan oleh Jurutera, Volume 04, No 01 (2017) Universitas Samudra, 4 November 2017, ISSN : 2356-5438D29, Hal 16-24, telah menemukan bahwa Beton dengan agregat kasar limbah pecahan keramik memiliki berat volume yang lebih kecil dan serapan air yang lebih besar dibanding beton normal. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal 28 hari adalah sebesar 30,10 MPa, setelah mengganti agregat kasar dengan pecahan keramik maka terjadi penurunan pada kuat tekan beton, pecahan keramik 10% pada umur 28 hari menunjukkan hasil kuat tekan beton sebesar 23,95 MPa, hingga perbandingan pecahan keramik 40% pada umur 28 hari menunjukkan hasil kuat tekan sebesar 18,44 MPa. Sehingga dapat diperoleh kesimpulan penggunaan komposisi limbah pecahan keramik tidak direkomendasikan untuk struktur konstruksi bangunan.

2.2.13 Gunawan, I., Melita (2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Indra Gunawan, Melita, dengan judul “Pengaruh Penggunaan Limbah Pengolahan Timah (*tin slag*) Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Fropit, Volume 3, No 1 (2015) Universitas Bangka Belitung, Januari-Juni 2015, Hal 41-51, telah menemukan bahwa pengaruh penggunaan terak timah (*tin slag*) yang berasal dari PT. Stanindo Inti Perkasa dengan menggunakan enam variasi campuran substitusi parsial terhadap berat agregat halus yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Dari masing - masing campuran beton tersebut dibuat 54 buah benda uji untuk umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah beton.

2.2.14 Priyono, Y. J., Nadia (2014)

Penelitian yang dilakukan oleh Yoppi Juli Priyono, Nadia, dengan judul ” Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Kontruksia, Volume 5, No 2 (2014), Universitas Muhammadiyah Jakarta, Agustus 2014, Hal 55-61, telah menemukan bahwa penelitian ini dibuat untuk mengetahui seberapa besar pengaruh Styrofoam sebagai pengganti agregat kasar pada Beton Normal dengan persentase penambahan Styrofoam sebesar 1%, 2% dan 3% dari berat campuran Beton Normal. Hasil penelitian yang dilakukan didapat bahwa pada penambahan 1% styrofoam akan menurunkan berat volume beton rata-rata sebesar 12% dengan rincian campuran 1% (turun 13%) , 2% (turun 22%) , 3% (turun 32%). Selain hal

tersebut penambahan styrofoam pada beton menurunkan kuat tekan beton normal. Untuk penambahan Styrofoam sebesar 1% terjadi penurunan 54%, 2% sebesar 57% dan 3% sebesar 87%.

2.2.15 Suwarno, Nursandah, F. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Suwarno, Fauzie Nursandah, dengan judul “Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Koral Pada Campuran Beton Mutu Tinggi” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Riset CIVILLA, Volume 4, No 2 (2019) Universitas Kadiri, 2 September 2019, ISSN : 2503-2399, Hal 256-261, telah menemukan bahwa pemanfaatan limbah keramik dalam system konstruksi merupakan inovasi untuk memanfaatkan limbah keramik yang sering menimbulkan masalah bagi lingkungan. Pecahan limbah keramik digunakan sebagai bahan pengganti parsial agregat kasar koral dengan variasi sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75%. Dalam penelitian kali ini dapat mencapai kuat tekan K-343 pada Penambahan limbah keramik sebanyak 25%, dengan menggunakan metode SNI 03-2838- 2000. Kuat tekan rata- rata pada penambahan limbah keramik pada variasi adalah (0% :329,259), (25%:342,374), (50%: 312,703) dan (75% : 282,267).

2.2.16 Syarif, A., Setyawan, C., Farida, I. (2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Syarif, Chandra Setyawan, Ida Farida, dengan judul “Analisa Uji Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambahan Batu Bata Merah” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Kontruksi, Volume 14, No 1 (2016) Sekolah Tinggi Teknologi Garut, ISSN : 2302-7312, Hal 46-56, telah menemukan bahwa dengan melakukan pemeriksaan atau percobaan secara fisik pada uji beton, yang menggunakan bahan tambahan limbah batu bata merah sebanyak 27

benda uji (10%, 25%, 50%) dan kuat tekan beton normal K-200 sebanyak 9 benda uji (200kg/cm^2). Tujuannya untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan bahan tambahan limbah batu bata merah sebanyak 27 benda uji (10%, 25%, 50%) dan kuat tekan beton normal K-200 sebanyak 9 benda uji (200kg/cm^2) sebagai acuan pembandingan. Dari hasil penelitian, diketahui beton dengan menggunakan campuran 10%, 25% dan 50% hasil rata-rata sesuai dengan acuan beton pembandingan (K-200). Hasil uji kuat tekan limbah batu bata merah 50% campurannya tidak lebih dari 10% dan 25%. Sehingga beton untuk campuran 10% dan 25% menjadi acuan kedepannya sebagai campuran limbah tambahan yang baik untuk pembuatan beton.

2.2.17 Sandy, B. D. A., Guskarnali, Mahardika, R. G. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Boy Dian Anugra Sandy, Guskarnali, Robby Gus Mahardika, dengan judul “Analisis Uji Kuat Tekan Dan Uji Daya Serap Air Pada Batako Dari Pemanfaatan Tailing Lahan Bekas Penambangan Timah” yang telah diterbitkan dalam Jurnal PADURAKSA, Volume 8, No 2 (2019) Universitas Bangka Belitung, Desember 2019, ISSN : 2581-2939, Hal 213-221, telah menemukan bahwa Penelitian ini bertujuan mengetahui secara detail mengenai uji kuat tekan dan uji daya serap air pada batako dari pemanfaatan tailing timah yang diambil dari 6 lokasi bekas tambang timah. Diperoleh hasil uji kuat tekan terbesar 59.87 kg/cm^2 dan daya serap terkecil 3.67% pada sampel 4. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa batako dari tailing timah bisa digunakan untuk bahan konstruksi bangunan. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi untuk pemanfaatan tailing timah sebagai bahan konstruksi pembangunan di Kecamatan Merawang,

untuk mendukung dalam program pembangunan sekaligus penanganan masalah lingkungan.

2.2.18 Ismail, A. G., Mustofa, A., Dwicahyani, A., Ridlo, M. M., dan Sambowo, K. A. (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Ghufron Ismail, Andhi Mustofa, Arum Dwicahyani, Muhammad Mahfuzh Ridlo, dan Kusno Adi Sambowo, dengan judul “Pengaruh Beton Daur Ulang Dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Riset Rekayasa Sipil, Volume 1, No 1 (2017) Universitas Sebelas Maret 1 September 2017, ISSN : 2579-7999, Hal 59-63, telah menemukan bahwa penggunaan agregat limbah tiang pancang kadar 50% sebagai pengganti agregat normal dan fly ash menghasilkan kuat tekan yang paling optimum. Sedangkan, Penggunaan beton modifikasi fly ash dan limbah tiang pancang kadar 75% menghasilkan kuat lentur yang paling optimum. Sehingga, limbah agregat daur ulang tiang pancang layak dijadikan sebagai campuran beton struktural. Penelitian ini menggunakan beton daur ulang berupa agregat puing-puing tiang pancang dengan mutu K-350 dan bahan tambah fly ash terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton struktural ramah lingkungan. Persentase limbah beton yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% dan kadar fly ash yang digunakan adalah 10%. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen di laboratorium dengan membuat beberapa benda uji dengan kadar agregat limbah tiang pancang yang bervariasi. Benda uji untuk kuat tekan beton berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sedangkan

benda uji untuk kuat lentur menggunakan balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 50 cm. Setiap variasi terdiri dari tiga buah benda uji dan masa curing masing-masing selama 28 hari.

2.2.19 Revisdah, Utari, R. (2018)

Penelitian yang dilakukan Revisdah, Ririn Utari, dengan judul ” Pemanfaatan Limbah Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton” yang telah diterbitkan dalam Jurnal Riset Rekayasa Sipil, (2018) Universitas Muhammadiyah Palembang, 17 Oktober 2018, ISSN : 2640-8416, Hal 1-10, telah menemukan bahwa dengan memanfaatkan limbah keramik dengan analisis ayakan (sieve analysis), specific gravity dari limbah keramik dan agregat, setting time, dan slump test. Menggunakan komposisi mix design beton K250 dengan bahan tambah limbah keramik 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18% dan 20%. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan (Compressive Strength Test) pada umur 28 dengan benda uji kubus 150 mm x 150 mm. Hasil dari tes tersebut menunjukkan bahwa pengaruh limbah keramik terhadap beton yaitu Dari penambahan limbah keramik kuat tekan beton optimumnya terjadi pada persentase limbah keramik 14%, pada penambahan persentase limbah keramik 14% didapatkan hasil 272,01 kg/cm², dengan kondisi kenaikan persentase 6,27% dari beton normal yaitu 255,97 kg/cm², dari hasil uji slump diketahui bahwa seiring dengan besarnya penambahan limbah keramik, maka semakin kecil nilai slumpnya, dikarenakan penambahan limbah keramik berpengaruh terhadap nilai slump.

2.2.20 Hartantyo, S. D., Susianto, M. H. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Sugeng Dwi Hartantyo, Muhammad Hakim Susianto (2019) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Tumbukan Cangkang Keong Mas Terhadap Kuat Tekan Beton Non Struktural K-175” yang diterbitkan UkaRsT Vol. 3, No. 2 tahun 2019, Universitas Islam Lamongan. p ISSN 2579-4620 e ISSN 2581-0855. Telah menemukan bahwa penambahan tumbukan cangkang keong mas dengan variabel 2%, 4%, 6%, Peranan tumbukan cangkang keong mas yang menggantikan sebagian semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Hasil data tumbukan cangkang keong mas pada campuran beton pengaruh penambahan tumbukan cangkang keong mas terhadap kuat tekan beton dengan variasi persentase 2%, 4%, dan 6% dari berat semen. Hasil dari data tumbukan cangkang keong mas pada campuran beton dengan variasi penambahan 2% (15,423), 4% (17,59), dan 6% (19,276), dimana nilai kuat tekan tertinggi didapat pada penambahan tumbukan cangkang keong mas 6% yaitu 19,276 Mpa, sedangkan nilai terendah terdapat pada penambahan tumbukan cangkang keong mas 2% yaitu 15,423 Mpa.