

Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen

Siti Fitriani, Wiki Muhamad Fathul M, Ida Farida

Jurnal Konstruksi
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

sitifitriani59@gmail.com
wikimuhammad97@gmail.com
idafarida@sttgarut.ac.id

Abstrak – Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Baik pada pembangunan perumahan, gedung-gedung, jembatan, bendungan, jalan raya, pelabuhan, bandara dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan selain kayu dan logam. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya. Beberapa diantaranya adalah harganya relatif murah, mempunyai kekuatan tekan yang besar, tahan lama, tahan terhadap api, bahan baku mudah didapat dan tidak mengalami pembusukan. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisis (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strenght*) yang sangat diperlukan dalam pembangunan suatu konstruksi. Namun di era sekarang beton ramah lingkungan merupakan hal yang sedang marak diteliti karena beton jenis ini menggunakan bahan yang hampir tidak mempunyai dampak pada lingkungan, begitupun bahan yang kami gunakan pada lomba inovasi beton tahun ini merupakan bahan limbah tak terpakai yaitu cangkang telur, yang dimana cangkang telur ini mempunyai kandungan kalsium karbonat. Dalam cangkang telur dimanfaatkan sebagai bahan aditif dalam campuran beton.

Kata kunci – Beton, Inovasi, Ramah Lingkungan, Cangkang Telur.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi khususnya di Indonesia ikut mendorong bertambahnya penggunaan beton sebagai material perkuatan struktur. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (kerikil dan pasir), semen, dan air. Kekakuan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, maupun cara pengerjaan.

Era modern yang semakin canggih mampu menghasilkan penemuan-penemuan baru yang berdasarkan pada berbagai riset dan penelitian. Khususnya dalam bidang teknik sipil, berbagai penemuan dapat memajukan kegiatan pembangunan. Hal ini bertujuan untuk menciptakan sebuah bangunan struktur yang kuat, awet, hemat biaya, dan ramah lingkungan.

Semen merupakan material penting dalam pembuatan beton karena merupakan zat pengikat agregat kasar dan agregat halus. Namun di era sekarang penggunaan semen semakin tinggi dengan meningkatnya pembangunan dibidang struktur dan infastruktur, ini akan berdampak pada sumber daya di masa depan yang terus menipis. Oleh karena itu diperlukan material pengganti semen, dan yang

akan digunakan pada penelitian kali ini adalah penggunaan cangkang telur sebagai material tambahan semen. Cangkang telur merupakan limbah yang melimpah dan tak terpakai, ini juga yang akan menekan polusi yang di sebabkan oleh semen itu sendiri. Material limbah tak terpakai dan ramah lingkungan ini diharapkan agar menjadi solusi di era sekarang yang menuntut pembuatan beton yang tak merusak lingkungan.

B. Permasalahan

1. Apakah penggunaan cangkang telur sebagai material tambahan pada semen dapat meningkatkan kuat tekan pada beton ?
2. Apakah cangkang telur efektif mengurangi pemakaian semen pada beton ?
3. Apakah beton dengan material cangkang telur dapat di aplikasikan dalam lingkup ketekniksiplan?

C. Tujuan

1. Dapat meningkatkan kuat tekan pada beton dengan cangkang telur sebagai pencampur pada beton.
2. Dapat mengurangi pemakaian semen dengan alternatif cangkang telur sebagai pengikat dalam campuran pada beton.
3. Dapat membuat beton yang bernilai ekonomis, ramah lingkungan, berkualitas dan ketahanan tinggi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan tulangan baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang, disamping kayu dan baja (Febriyatno, 2014).

Beton mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain, antara lain karena harganya relatif lebih murah daripada baja, tidak memerlukan biaya perawatan seperti baja (baja harus selalu dicat pada setiap jangka waktu tertentu untuk mencegah karat), dan tahan lama karena tidak busuk atau berkarat. Akan tetapi, beton yang tampaknya mudah dibuat bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan bahan yang kurang baik, atau kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik (Astanto, 2001).

Beton mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Mulyono,2003) :

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
2. Mampu memikul beban yang berat.
3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
4. Nilai kekuatan dan daya tahan (durability) beton adalah relatif tinggi.
5. Biaya pemeliharaan yang kecil.

B. Material penyusun beton

1. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. (Astanto, 2001)

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu :

- a. Agregat halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.

b. Agregat kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu Kerikil.

Gradasi dari agregat-agregat tersebut secara keseluruhan harus dapat menghasilkan mutu beton yang baik, padat dan mempunyai daya kerja yang baik dengan semen dan air, dalam proporsi campuran yang dipakai. (Astanto, 2001)

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock dkk., 1991).

2. Air

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh.

Banyak hal-hal lain yang bisa berdampak karena pemakaian air, berikut ini uraiannya :

1. Air tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter karena dapat mengurangi daya lekat atau bisa juga mengembang (pada saat pengecoran karena bercampur dengan air) dan menyusut (pada saat beton mengeras karena air yang terserap lumpur menjadi berkurang).
2. Air tidak mengandung garam lebih dari 15 gram karena resiko terhadap korosi semakin besar.
3. Air tidak mengandung khlorida lebih dari 0,5 gram/liter karena bisa menyebabkan korosi pada tulangan.
4. Air tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter karena dapat menurunkan mutu beton sehingga akan rapuh dan lemah.
5. Air tidak mengandung minyak lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton sebesar 20 %.
6. Air tidak mengandung gula lebih dari 2 % dari berat semen karena akan mengurangi kuat tekan beton pada umur 28 hari.
7. Air tidak mengandung bahan organik seperti rumput/lumut yang terkadang terbawa air Karena akan mengakibatkan berkurangnya daya lekat dan menimbulkan rongga pada beton.

Air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut (SK SNI 03-2847-2002) :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama dan hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang

dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

3. Semen

Semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis dari hasil penggilingan bersama terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi BFS (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit. (SNI 15-7064-2004)

Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti : pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya. (SNI-15-7064-2004)

Semen PCC (Portland Cement Composit) cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan.

4. Cangkang Telur

Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang peternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Menurut data Direktorat Jenderal Peternakan (2009), produksi telur Jawa Barat dan Indonesia tahun 2009, masing-masing sebesar 105 046 ton dan 1.013.543 ton.

Kulit telur kering mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher dan Miles, 1990). Sementara itu, Hunton (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.

5. Abu Sekam

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rifai Syakuri dan Haryadi (1997), adanya penambahan fly ash pada campuran beton menghasilkan kuat desak yang paling maksimum dibandingkan dengan beton normal biasa (...). Penggunaan material fly ash sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material fly ash memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Menurut ACI Committee 226, fly ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan specific gravity antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh fly ash berupa silica dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan fly ash sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi.

6. Copper Slag

Copper slag adalah hasil limbah industri peleburan tembaga, berbentuk pipih dan runcing (tajam) dan sebagian besar mengandung oksida besi dan silikat serta mempunyai sifat kimia yang stabil dan sifat fisik yang sama dengan pasir. Copper slag dapat digunakan sebagai cementitious tetapi butirannya harus dihaluskan seperti semen karena semakin halus terak tembaga, semakin bagus kontribusinya untuk peningkatan mutu beton (Harmonis, 2000) Sebelum digunakan sebagai campuran beton, copper slag harus dihaluskan terlebih menyerupai butiran semen. Semakin halus butiran copper slag akan semakin besar surface area atau luasan permukaan sehingga copper slag akan semakin reaktif. Pengaruh copper slag sebagai cementitious pada beton, antara lain : (ACI Commiteee 233) Meningkatkan workabilitas, beton yang mengandung copper slag menghasilkan sifat yang lebih baik daripada beton tanpa copper slag hasil permukaan beton lebih halus atau rata pada campuran awal

(Wood, 1981). Mengurangi tingkat bleeding pada campuran beton, bila butiran copper slag yang digunakan halus menyerupai semen, maka bleeding dapat tereduksi. Namun, bila butiran copper slag lebih kasar dari semen, maka bleeding meningkat (R.Tixier, A.M. Arimo and B. Mobasher, 2001).

BAB III METODE PELAKSANAAN

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pengujian Agregat halus dan Agregat kasar dilaksanakan pada:

Tanggal : 5 Mei 2017 s.d 17 Mei 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

Persiapan bahan Cangkang Telur untuk campuran beton dilaksanakan pada:

Tanggal : 4 Mei 2017 s.d 15 Mei 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

Pelaksanaan pembuatan rancang campuran (Mix Design) dan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilaksanakan pada :

Tanggal : 10 Mei 2017 s.d 18 Mei 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

Pengecoran 6 benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilaksanakan pada:

Tanggal : 19 Mei 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

Pelaksanaan perawatan dan pengujian benda uji pada hari ke 3 hari:

Tanggal : 22 Mei 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

Pelaksanaan perawatan dan pengujian benda uji pada hari ke 14 hari:

Tanggal : 2 Juni 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut

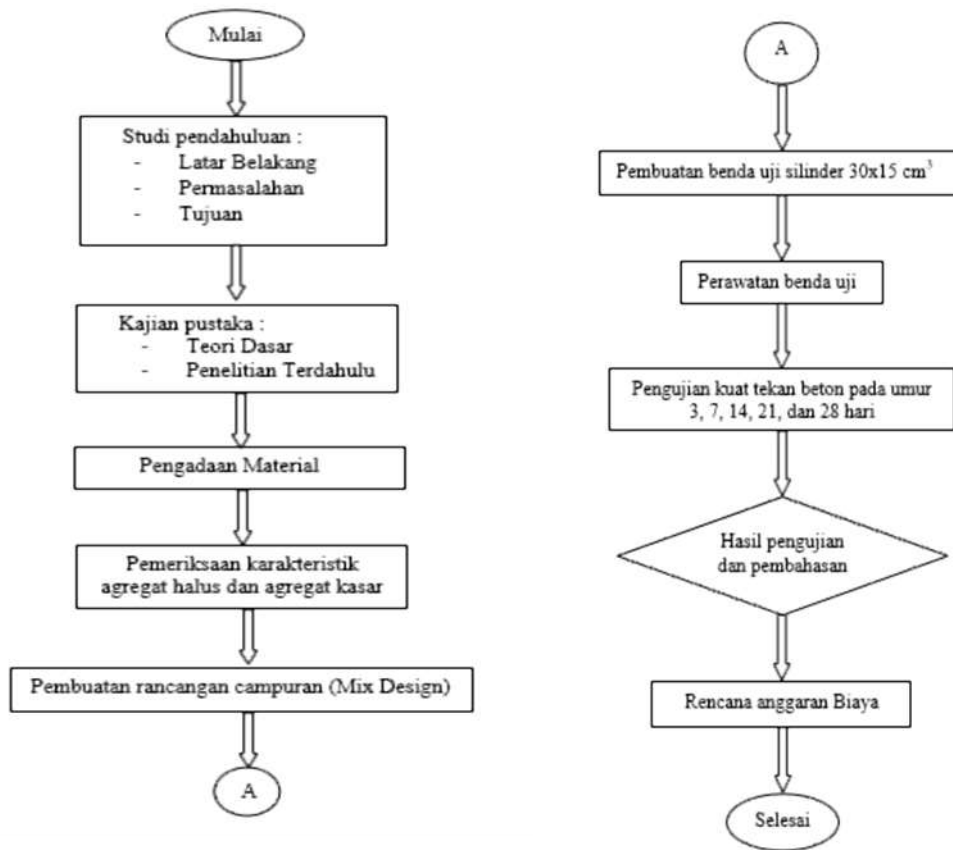
Pelaksanaan perawatan dan pengujian benda uji pada hari ke 21 hari:

Tanggal : 9 Juni 2017

Tempat Pelaksanaan : Laboratorium Beton Universitas Trisakti

B. Instrumen Pelaksanaan

Secara garis besar alur proses penelitian di laboratotium adalah seperti pada flowchart dibawah ini :



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

C. Tahapan Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yakni :

1. Pengadaan material, material yang digunakan pada beton inovasi adalah :
 - a. Semen Merah Putih jenis Portland Composit Cement (PCC).
 - b. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari pertambangan leles.
 - c. Agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari pertambangan leles.
 - d. Limbah cangkang telur yang berasal dari industri makanan yang ada di garut.
 - e. Abu sekam yang berasal dari sisa pembakaran pabrik batu bata.
 - f. Copper Slag yang berasal dari limbah industri pabrik besi.
2. Pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar di laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
3. Pembuatan rancang campuran (Mix Beton), benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan beton di laboratorium Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Garut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemilihan Material Yang Digunakan

Material yang digunakan pada penelitian ini merupakan material lokal yang telah lolos pengujian agregat. Untuk agregat kasar menggunakan batu split yang berasal dari daerah Leles kab. Garut yang lolos saringan ukuran 25 dan tertahan di saringan ukuran 9,5. Untuk agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari daerah Leles kab. Garut yang lolos saringan ukuran 4 dan tertahan di saringan ukuran 0.15. Semen yang digunakan adalah semen Merah Putih jenis PCC dan air tawar ph 7. Selanjutnya

dalam penelitian ini digunakan Cangkang Telur yang telah haluskan dengan lolos uji saringan ukuran 0.2 dan abu sekam juga copper slag.

B. Perhitungan Benda Uji Mix Desain

MIX DESIGN K-500

1. Agregat kasar yang dipakai : batu pecah (alami)
2. Agregat halus yang dipakai : pasir
3. Diameter agregat maksimum : 20 mm
4. Mutu semen yang di pakai : type I
5. Struktur yang akan dibuat : pondasi telapak tak bertulang
6. Keadaan : tidak terlindung
7. Dari hasil penelitian didapat :

	Pasir	Kerikil
Berat Jenis (SSD)	2,551	2,6
Kadar air	6,9	5,3
Resapan	3,305	2,7

8. Diketahui analisa saringan agregat
 - a. Agregat Kasar
Modulus Kehalusan Kerikil = 4
 - b. Agregat Halus
Modulus Kehalusan Kerikil = 4,35
Zona gradasi agregat halus = 2

Hitung bahan-bahan yang diperlukan untuk 1m³ campuran beton. Penyelesaian :

Dari kebutuhan diatas, didapat batasan berikut : Beton yang masuk ke dalam tanah, mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti, maka di dapat : Faktor air semen maksimum = 0,55 Jumlah semen minimum per m³ beton = 325 kg

Pemilihan besar slump : untuk elemen struktur pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah, diambil slump antara minimum 2,5 s/d maksimum 9 mm, maka diambil nilai rentang slump : 30 – 60 mm

Penjelasan pengisian Daftar Isian (Formulir) :

1. Kuat tekan yang di uji K-500 , $F_c=41,5$ Mpa
2. Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) campuran beton yang akan dibuat, dalam hal ini dianggap untuk pembuatan 1000 m³ beton sehingga nilai $S = 7,5$ N/mm² = 7,5 MPa (Tabel 4.5.1. PBI 1971) atau tergantung dari control yang ditetapkan tabel-8.

Tabel-8

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar sd (Mpa)		
Sebutan	volume beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		baik sekali	baik	dapat diterima
Kecil	< 1000	$4.5 < s \leq 5.5$	$5.5 < s \leq 6.5$	$6.5 < s \leq 8.5$
Sedang	1000-3000	$3.5 < s \leq 4.5$	$4.5 < s \leq 5.5$	$5.5 < s \leq 7.5$
Besar	> 3000	$2.5 < s \leq 3.5$	$3.5 < s \leq 4.5$	$4.5 < s \leq 6.5$

3. Nilai tambah kuat tekan = $1,64 \times 7,5 = 12,3$ MPa

4. $f_{cr} = 41,5 + 11,48 = 53,8$ MPa
5. Jenis semen ditetapkan tipe I
6. Jenis agregat diketahui :
 - Agregat halus (pasir) alama (pasir kali)
 - Agregat kasar berupa batu pecah (kerikil)
7. Faktor air semen bebas :

Agregat kasar batu pecah (kerikil) dan semen tipe I dengan bentuk benda uji adalah silinder, maka kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan dengan faktor air semen 0,50 adalah 370 kg/m²(=37 N/mm²).

Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) (benda uji berbentuk silinder diameter 150mm, tinggi 300mm) untuk mencari faktor air semen untuk beton yang dirancang dengan cara sebagai berikut :

 - Dari tabel2, didapat prakiraan kuat tekan benda ujiberbentuk silinder adalah : 37 MPa.
 - Lihat grafik- untuk benda uji silinder atau grafik-2 untuk benda uji kubus.
 - Tarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 0,5 sampai memotong ordinat kuat tekan beton pada poin (a) di atas, sehingga didapat koordinat (fas , f^{cr}) = (0.5 , 37)
 - Tarik garis lengkung melalui koordinat tersebut membentuk kurva yang proposional terhadap kurva lengkung dibawah dan diatasnya.
 - Tarik garis mendatar melalui kuat tekan f_{cr} (53,8 MPa) sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada poin (d) diatas.
 - Tarik garis lurus kebawah dari perpotongan tersebut untuk mnedapatkan harga factor air semen yang diperlukan, yaitu : 0,37
8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,55. Bila faktor air semen yang diperoleh dari poin (7) diatas tidak sama dengan faktor air semen yang maksimum, maka diambil faktor air semen yang lebih kecil.
9. slump ditetapkan setinggi : 30 – 60 mm
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm (dilihat dari ukuran butiran maksimum pada analisa gradasi ayakan).
11. Kadar air bebas Untuk mendapatkan nilai kadar air bebas, periksalah tabel-6 yang dibuat untuk agregat gabungan alami yang berupa batu pecah. Untuk agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas harus diperhitungkan antara 160-190 kg/m³ (kalau nilai slump antara 10-30 mm dan ukuran agregat maksimum 20 mm), memakai rumus :

$$\frac{2}{3}wh + \frac{1}{3}wk = \frac{2}{3} \cdot 160 + \frac{1}{3} \cdot 190 = 170 \text{ kg/m}^3$$

Tabel-6 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton

Ukuran maks. Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

12. Kadar semen : $170 / 0,37 = 459,5 = 460$ kg/m³

13. Kadar semen maksimum : tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan.
14. Kadar semen minimum : ditetapkan 325 kg/m³ (berdasar tabel-3)
- Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air semen yang disesuaikan : dalam hal ini dapat diabaikan karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan butir agregat halus : dari hasil analisa ayakan di dapat bahwa pasir berada pada zona 2.
17. Prosentase agregat pasir (bahan yang lebih halus dari 4,8 mm) : dicapai dalam gambar 13 – 15 atau grafik 14 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 20 mm pada nilai slump 10-30 mm dan nilai faktor air semen 0,37. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir no 2 diperoleh harga antara 38 – 29. Nilai yang dipakai dapat diambil antar kedua nilai ini (biasanya nilai rata-rata). Dalam hal ini diambil nilai 34%
18. Berat jenis relatif agregat : ini adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. BJ agregat halus = 2,551 BJ agregat kasar = 2,6 BJ agregat gabungan halus dan kasar = $(0,34 \times 2,551) + (0,55 \times 2,6) = 2,586 = 2,6$
19. Berat jenis beton : diperoleh dari grafik 16 dengan jalan membuat grafik linier baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yaitu 2,6. Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 170 kg/m³). Menunjukkan nilai berat jenis beton yang dirancang, diperoleh angka 2384 kg/m³.
20. Kadar agregat gabungan adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air = $2385 - 170 - 460 = 1755 \text{ kg/m}^3$
21. Kadar agregat halus = $0,34 \times 1755 = 596,7 \text{ kg/m}^3$
22. Kadar agregat kasar = $1755 - 596,7 = 1158,3 \text{ kg/m}^3$
- semen = 460
air = 170
pasir = 596,7
kerikil = 1158,3
- Rasio proporsi = semen : air : pasir : kerikil
1,000 : 0,37 : 1,295 : 2,518

S Faktor Koreksi

Jenis Agregat	Resapan	Kadar air
Kasar	3.305	6,9
Halus	2.7	5,3

Semen = tetap = 460 kg/m³

Air = $170 - (6,9 - 3,305) \times (596,7/100) - (5,3 - 2,7) \times (1158,3/100) = 118,458 \text{ kg/m}^3$

Kerikil = $1158 + (1158,3/100) = 1169,583 \text{ kg/m}^3$

Pasir = $596,7 + (596,7/100) = 602,667 \text{ kg/m}^3$

Volume Silinder = $\pi r^2 t = 3,14 \times (0,075^2) \times (0,3) = 0,00529875 \times 6 \text{ silinder} = 0,032 \text{ m}^3$

Maka :

Semen = $460 \text{ kg/m}^3 \times 0,032 \text{ m}^3 = 15 \text{ kg}$

Air = $118,458 \text{ kg/m}^3 \times 0,032 \text{ m}^3 = 3,8 \text{ kg} = 4 \text{ kg}$

Kerikil = $1169,583 \text{ kg/m}^3 \times 0,032 \text{ m}^3 = 37,43 = 37 \text{ kg}$

Pasir = $602,667 \text{ kg/m}^3 \times 0,032 \text{ m}^3 = 19,3 = 19 \text{ kg}$

Abu Sekam	Cangkang telur	Slag
10% dari berat semen	10% dari berat semen	1% dari berat semen
15*10%= 1,5 kg	15*10%= 1,5 kg	15*1%=0,15 kg

Jadi

Semen = 15 – (1,5+1,5+0,15) = 11,85= 12 kg 16%

Air = 4 kg 6%

Kerikil = 37 kg 49%

Pasir = 19 kg 25%

Inovasi = 3,15 kg 4%

C. Hasil pengujian benda uji

Kuat tekan beton yang dihasilkan pada pengujian beton dengan umur 3 hari yakni, :

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

f'c : Kuat Tekan Beton (N/mm² atau MPa)

P : Beban Maksimum (N)

A : Luas Penampang (mm²)

No	Tanggal	Umur Beton (Hari)	Beban Maksimum (N)		Luas Penampang (mm ²)	Nilai Kuat Tekan (mpa)	
1	22 Mei 2017	3	100.000	85.000	17662,5	5,7	4,9
2	22 Mei 2017	3	70.000		17662,5	4	
3	2 Juni 2017	14	270.000	190.000	17662,5	15,3	10,8
4	2 juni 2017	14	110.000		17662,5	6,3	
5	9 Juni 2017	21	335.000	235.000	17662,5	19	14
6	9 Juni 2017	21	135.000		17662,5	7,5	

D. Analisa Aplikasi Beton Di lapangan

Beton G-concrete 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. Selain itu beton dengan material cangkang telur ini memiliki kelebihan dari aspek biaya yang relatif murah serta ramah lingkungan. Namun, perlu diperhatikan untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih harus memilih material agregat halus dan agregat kasar yang dapat mendukung kebutuhan konstruksi itu sendiri. Oleh karena itu, beton G-concrete ini merupakan suatu solusi di era sekarang yang dimana bisa menekan tingkat polusi yang dihasilkan beton itu sendiri.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang di lakukan maka diperoleh kesimpulan, bahwa :

1. 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.
2. 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.
3. Berdasarkan material yang didapatkan dalam pembuatan beton ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih optimal diperlukan material yang lebih bagus kualitasnya.

B. Saran

Penelitian lanjutan yang kami laksanakan masih belum maksimal dalam perancangan dan sebagainya, karena terkendala dalam waktu yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriyanta, Ridwan dkk. 2011. Laporan Mix Design dan Pengujian Beton https://www.academia.edu/3342349/laporan_beton Yogyakarta.
- [2] Febrianto, Hendy. 2014. Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal Depok http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/civilengineering/2009/Artikel_10303022.pdf.
- [3] Kartini, Wahyu. Pengaruh Copper Slag Sebagai Cementitious Terhadap Kuat Tekan Beton. http://scholar.google.com/scholar_url?url=http://cpanel.petra.ac.id/ejournal/index.php/jts/article/view/17105/17087&hl=id&sa=X&scisig=AAGBfm0tuaKeE6w1rwFSy0bho3a-16mGRQ&nossl=1&oi=scholar
- [4] Lubis, Bachrial. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. https://www.researchgate.net/publication/42322381_Pengaruh_Penggunaan_Abu_Sekam_Padi_Sebagai_Material_Pengganti_Semen_Terdapat_Kuat_Tekan_Dan_Kuat_Tarik_Beton
- [5] Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [6] Paryanto, Joko. Kinerja Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Aditif Dalam Campuran Beton. <http://sipil.untag-sby.ac.id/berita-1355-kinerja-serbuk-cangkang-telur-sebagai-bahan-aditif-campuran-beton-oleh-joko-paryanto.html>
- [7] Rahmadiyanto, Candra ; Samekto, Wuryati. 2001. Teknologi Beton, Kanisius, Jakarta.