

**PENINGKATAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG
TELUR BEBEK MELALUI PROSES PENGOVENAN**



**KINANTI ANASTASIA
5415131707**

**Skripsi Ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Memperoleh
Gelara Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

ABSTRAK

Kinanti Anastasia. **Pengikatan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Telur Bebek Melalui Proses Pengovenan.** Skripsi. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta. 2017.

Penelitian ini bertujuan mengetahui peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer menggunakan abu cangkang telur bebek dengan campuran sodium silikat dan natrium hidroksida pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% pada umur 7 hari dengan mengoven benda uji dan beton kontrol yang hanya didiamkan pada suhu ruangan.

Abu cangkang telur bebek yang digunakan adalah limbah yang dibakar dengan suhu mencapai 800°C selama ± 6 jam menggunakan oven pembakaran keramik. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan mutu rencana adalah $f_c' 20$ MPa. Pengujian kuat tekan beton geopolimer menggunakan alat *Crushing Test Machine*.

Pada penelitian ini, kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dengan mengoven benda uji beton pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% yaitu 0MPa, 6,32 MPa, 8,57 MPa dan 14,01MPa, sedangkan benda uji beton yang tidak dilakukan pengovenan nilai kuat tekan beton pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% yaitu 7,64 MPa, 4,84MPa, 5,77MPa dan 6,19MPa. Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada variasi 100% dengan benda uji yang dioven pada suhu 83°C terlebih dahulu.

Kata Kunci : Natrium Hidroksida, Natrium Silikat, Abu Cangkang Telur Bebek, Kuat Tekan, Pengoven.

ABSTRACT

Kinanti Anastasia. *The Binding of Geopolymer Concrete Compressive Strength Using Variation of Duck Eggshells Ash Through the Process of Heating*. Thesis. Jakarta: Civil Engineering. Faculty of Engginering. State University of Jakarta.2017.

The objective of this research is to know the increase of compressive strength value of geopolymer concrete using duck egg duck ash with mixture of sodium silicate and sodium hydroxide at variation 0%, 80%, 90% and 100% at 7 days with heating specimen and control concrete room temperature.

Ash duck egg shell used is burnt waste with temperatures reaching 800 ° C for ± 6 hours using ceramic burning oven. This study uses cylindrical test object with diameter 10 cm and height 20 cm with the quality of plan is f_c '20 MPa. Testing of compressive strength of geopolymer concrete using Crushing Test Machine tool.

In this purpose, the compressive strength of the geopolymer concrete produced by the concrete test object on variations 0%, 80%, 90% and 100% ie 0MPa, 6.32 MPa, 8.57 MPa and 14.01MPa, while the concrete test object No concrete compressive strength was applied on variations of 0%, 80%, 90% and 100% ie 7.64 MPa, 4.84MPa, 5.77MPa and 6.19MPa. It can be seen that the maximum average compressive strength value is present in the 100% variation with the tested object being tested at 83 ° C first.

Keyword : Natrium Hydroxide, Natrium Silicate, Duck Eggshells Ash, Compressive Strength, Heating.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah memberi segala kemudahan serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul “Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Telur Bebek Melalui Proses Pemanasan”.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan penulis sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta.

Atas bimbingan dan bantuan berbagai pihak dalam penyelesaian skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Prihantono, M. Eng dan Ibu Anisah, MT sebagai dosen pembimbing skripsi.
2. Bapak R. Eka Murtinugraha, M.Pd selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Koordinator Penyelesaian Studi Prodi S1 Pendidikan Teknik Bangunan dan Penasehat Akademik.
3. Tim dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
4. Suratman selaku Laboran.
5. Kedua orang tua saya bapak Sukiman dan mama Tutik yang saya cintai. Abang Wisnu Halaim dan adik Bagas Suro Ismoyo yang saya sayangi.
6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil angkatan 2013 yang telah memberikan bantuan dan partisipasi dalam penyelesaian penulisan skripsi ini
7. Seluruh anggota Ciwi-Ciwi Cantik yang ikut memberikan bantuan dan partisipasinya dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan tulisan ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih sedalam – dalamnya kepada semua yang terkait dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak, semoga Allah SWT selalu memberikan yang terbaik untuk kita semua.

Penulis

Kinanti Anastasia
5415131707

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

TANGGAL

Drs. Prihantono, M. Eng
(Dosen Pembimbing Materi)



25/08 '17

Anisah, MT.
(Dosen Pembimbing Metodologi)



25/08 2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

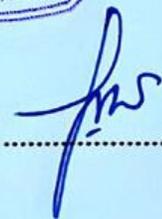
TANGGAL

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
(Ketua Sidang)



25/8-2017

Dr. Gina Bachtiar, MT
(Penguji I)



24-08-2017

Dra. Daryati, MT.
(Penguji II)



25-8-'17

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 21 Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



Kinanti Anastasia

NRM. 5415131707

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Pembatasan Masalah.....	5
1.4. Perumusan Masalah.....	6
1.5. Tujuan Penelitian.....	6
1.6. Kegunaan Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI, KERANGKA BERFIKIR DAN HIPOTESIS	8
2.1. Landasan Teori	8
2.1.1. Beton	8
2.1.2. Beton Geopolimer	8
2.1.3. Aktivator	10
2.1.4. Prekursor	10
2.1.5. Pemanasan Benda Uji	11
2.1.6. Agregat.....	12
2.1.7. Abu Cangkang Telur Bebek.....	13
2.1.8. Material Penyusun Beton	14
2.1.9. Kuat Tekan Beton	14
2.2. Penelitian yang Relevan	15
2.3. Kerangka Berfikir	16
2.4. Hipotesis	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2. Metode Penelitian	19
3.3. Teknik Pengambilan Sampel	20
3.3.1. Populasi	20
3.3.2. Sampel.....	20
3.4. Perhitungan Pencampuran Beton.....	20
3.4.1. Perhitungan Komposisi Pasta Geopolimer.....	21
3.5. Rancangan Penelitian	22
3.6. Instrumen Penelitian	23
3.7. Prosedur Penelitian	23
3.7.1. Tahap Persiapan	23

3.7.2. Tahap Pemeriksaan Bahan	23
3.7.3. Tahap Perencanaan Proporsi Campuran	24
3.7.4. Tahap Pengadukan	24
3.7.5. Tahap Pembuatan Benda Uji.....	24
3.7.6. Tahap Perawatan Benda Uji.....	24
3.7.7. Tahap Pengujian Kuat Tekan	25
3.8. Teknik Pengumpulan Data	25
3.9. Analisis Data.....	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Uji Pendahuluan Penyusun Beton Geopolimer.....	26
4.1.1. Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar	26
4.1.2. Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek.....	27
4.1.3. Perhitungan Rencana Campuran Beton Geopolimer	27
4.2. Hasil Pengujian	28
4.2.1. Berat Isi Beton Geopolimer	28
4.2.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	29
4.3. Pembahasan Hasil Penelitian	30
4.3.1. Berat Isi	30
4.3.2. Kuat Tekan Beton Variasi Campuran 0%, 80%, 90% dan 100%...	33
4.3.3. Analisis Secara Keseluruhan	36
4.4. Keterbatasan Masalah	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C33	13
Tabel 3.1 Rencana Uji Laboratorium	21
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar	27
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek	27
Tabel 4.3 Proporsi Bahan Campuran Beton Geopolimer Untuk Satu Silinder	28
Tabel 4.4 Hasil Berat Isi Beton Umur 7 Hari Dioven dan Tidak Dioven	29
Tabel 4.5 Hasil Kuat Tekan Beton pada Umur 7 Hari	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi Hidrasi dan Polimerisasi (www.Geopolymer.org)	9
Gambar 2.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton	15
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	22
Gambar 4.1	Grafik Berat Isi Beton	30
Gambar 4.2	Beton 0% yang Dioven (1A) dan yang Tidak Dioven (2B)	31
Gambar 4.3	Beton 80% yang Dioven (2A) dan yang Tidak Dioven (2B)	31
Gambar 4.4	Beton 90% yang Dioven (3A) dan yang Tidak Dioven (3B)	32
Gambar 4.5	Beton 100% yang Dioven (4A) dan yang Tidak Dioven (4B)	32
Gambar 4.6	Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton Dioven Umur 7 Hari.....	33
Gambar 4.7	Uji Kuat Tekan Beton 80% (2A) Dioven dan (2B) Tidak Dioven	34
Gambar 4.8	Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton Tidak Dioven Umur 7 Hari	34
Gambar 4.9	Uji Kuat Tekan Beton 0% (1B) Tidak Dioven	35
Gambar 4.10	Uji Kuat Tekan Beton 90% (3A) Dioven dan (3B) Tidak Dioven	35
Gambar 4.11	Uji Kuat Tekan Beton 100% (4A) Dioven dan (4B) Tidak Dioven	36
Gambar 4.12	Kuat Tekan Beton Dioven dan Tidak Dioven	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Kandungan Serbuk Cangkang Telur Bebek	41
Lampiran 2 : Unsur Oksida Serbuk Cangkang Telur Bebek.....	42
Lampiran 3 : Tahap Pemeriksaan Bahan	44
Lampiran 4 : Pengujian Agregat Halus (Pasir Beton).....	53
Lampiran 5 : Pengujian Agregat Kasar (Kerikil).....	59
Lampiran 6 : Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek	63
Lampiran 7 : Mix Design	64
Lampiran 8 : Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer	69
Lampiran 9 : Foto Dokumentasi Penelitian	73
Lampiran 10 : Lembar Konsultasi Pembimbing I	75
Lampiran 11 : Lembar Konsultasi Pembimbing II	77
Lampiran 12 : Jobsheet	79
Lampiran 13 : Surat-Surat.....	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geopolimer diperkenalkan oleh Joseph Davidovits pada tahun 70an. Objek pertama kali yang diteliti adalah struktur mineral dari piramid. Berdasarkan penelitian Davidovits, piramid dibangun dengan metode re-aglomerasi batuan. Atau dengan kata lain, piramid dibangun dengan cara seperti cara modern, yaitu menggunakan semacam “semen” jaman dulu. Penelitian selanjutnya, Davidovits menemukan bahwa “semen” tersebut dapat dibuat dengan mencampur metakaolinit dan larutan alkali, misalnya NaOH, KOH, dll. Material baru tersebut dinamakan geopolimer. Dibandingkan semen portland biasa, geopolimer memiliki keunggulan yaitu lebih ramah lingkungan dan hemat energi. (Setyo, 2008).

Proses produksi semen menghasilkan emisi gas karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah yang banyak sehingga sangat mempengaruhi kondisi lapisan atmosfer dan mempercepat terjadinya pemanasan global. Produksi semen juga menimbulkan dampak tersebarnya abu semen ke udara bebas. Studi kesehatan lingkungan menyebutkan, bahwa abu semen dari hasil proses produksi semen merupakan debu yang sangat berbahaya bagi kesehatan, karena dapat mengakibatkan penyakit infeksi saluran pernafasan (Nugraha,2016).

Dalam pembuatan beton geopolimer dapat memanfaatkan limbah hasil industri, konstruksi, pertanian maupun limbah rumah tangga yang di biarkan begitu

saja. Limbah tersebut digunakan sebagai bahan campuran beton ternyata mampu meningkatkan daya kuat tekan (Ekawati,2010). Limbah rumah tangga dan limbah industri yang bisa digunakan dalam pembuatan beton geopolimer ini salah satunya adalah cangkang telur. Di Indonesia produksi telur akan terus bertambah seiring dengan kebutuhan telur sebagai bahan pangan baik di kalangan rumah tangga maupun di kalangan industri makanan. Cangkang telur sering dibuang begitu saja tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Menurut Susanto (2014), bagian cangkang telur merupakan 11% dari bagian telur utuhnya. Cangkang telur tersusun dari kutikula, lapisan sponsi (bunga karang) lapisan mamalia dan membran cangkang. Cangkang telur terdiri dari silika (SiO) 32,57%, kapur (CaO) 30,33%, dan magnesium (MgO) 37,10%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium fire Universitas Negeri Jakarta, abu cangkang telur memiliki kandungan Karbon Dioksida (CO₂) 36,04%, Silikon Dioksida (SiO₂) 0,60%, Sulfur Dioksida (SO₂) 0,45%, dan Kalsium Oksida (CaO) yang cukup tinggi yaitu sebesar 62,92% (Nugrahanto, 2016).

Abu cangkang telur sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Ukuran partikelnya yang halus, kandungan dalam Abu cangkang telur akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Abu cangkang telur bebek akan digunakan sebagai Oksida Silika yang diharapkan dapat membentuk sebuah ikatan polimer dengan menambahkan bahan kimia Sodium Silikat dan Natrium Hidroksida. Oleh karena itu diperlukan komposisi aktivator yang tepat sehingga bisa membentuk pasta untuk mengikat agregat. Aktivator yang umumnya

digunakan adalah campuran Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan perbandingan antara 70 % : 30 % dari berat semen. Karena semakin tinggi perbandingan massa larutan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Sodium Hidroksida (NaOH) maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan (Yadi, 2015).

Beton geopolimer pada umur 7 hari dengan *Curing Temperature* pada suhu 60°C pada variasi *Curing Time* selama 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam nilai kuat tekan optimum pada waktu 24 jam dengan nilai $f_c' = 27,462$ MPa. Dengan adanya perlakuan *Curing Temperature* nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat (Sumajouw dan Windah, 2014:280). Tahapan yang paling penting dalam proses pembuatan beton geopolimer yaitu perawatan (*curing*) agar kualitas beton yang direncanakan terpenuhi. Pada pembuatan beton biasa perawatan yang dilakukan hanya melaukan perendaman atau memberikan air untuk proses hidrasi. Sedangkan perawatan beton geopolimer dengan pemanasan menggunakan oven. Perawatan beton geopolimer yang hanya didiamkan pada suhu ruangan akan mengalami penundaan pada waktu pengikatan. (Kirschner dan Harmuth, 2004)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Santoso menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton kontrol yang menggunakan prekursor sebesar 17,73 MPa pada 45%. Sedangkan penelitian Alpri, campuran optimum yang terdapat pada beton dengan kandungan tepung cangkang telur 90% yaitu sebesar 25,48 MPa. Sedangkan pada penelitian Bima mengalami kenaikan pada kuat tekan beton pada 45% sebesar 13,25 MPa. Tapi terjadi penurunan pada penilitan yang sebelumnya. Kekurangan dari penelitian sebelumnya yaitu beton benda uji tidak di oven terlebih dahulu yang dapat menyebabkan tidak maksimalnya proses polimerisasi. Aktivator yang digunakan pada

penelitian Santoso, Alpri dan Bima adalah campuran Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan perbandingan antara 70 % : 30 % dari berat semen. Aktivator sendiri adalah zat yang berfungsi untuk mengaktifkan kerja zat kimia terhadap abu cangkang telur yang akan menjadi reaktif secara kimiawi.

Dalam penelitian ini, cangkang telur yang digunakan harus dibakar terlebih dahulu dengan suhu mencapai 800°C selama ± 6 jam lalu ditumbuk hingga menjadi abu halus. Pembakaran dilakukan bertujuan untuk menghilangkan zat organik yang terdapat pada cangkang telur. Zat organik sendiri dapat menghambat reaksi terhadap semen dalam pencampuran beton. Penelitian ini akan menggunakan variasi abu cangkang telur bebek 0%, 80%, 90% dan 100% dengan menggunakan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan perbandingan aktivator 70% : 30% . Cangkang telur bebek yang digunakan dibakar dengan suhu mencapai 800°C selama ± 6 jam menggunakan oven pembakaran keramik kemudian ditumbuk hingga menjadi abu halus. Kuat tekan beton akan berpengaruh pada variasi umur yang sudah ditentukan. Pada penelitian ini penentuan umur yang dilakukan adalah 7 hari sebagai benda uji yang dioven beserta cetakannya dan benda uji yang tidak dioven sebagai kontrol. Dengan melakukan mengoven beton dapat mempercepat proses polimerisasi dan meningkatkan kuat tekan beton.

Diharapkan pada penelitian ini akan mendapatkan hasil yang baik, dan kuat tekan mencapai mutu rencana $f_c' 20$ MPa dari hasil pengovenan benda uji beton. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formula pada beton geopolimer dari variasi perbandingan alkali aktifator, mengkaji pengaruh penggunaan abu cangkang telur bebek, dan mengkaji kuat tekan beton terhadap perlakuan beton.

1.2. Identifikasi Masalah

Bedasarkan latar belakang masalah, maka dapat diidentifikasi berbagai masalah sebagai berikut :

1. Apakah abu cangkang telur dapat menggantikan semen sebagai bahan pembuatan beton geopolimer?
2. Apakah pada variasi 100% dapat menghasilkan kuat tekan beton yang optimum?
3. Apakah kuat tekan beton pada umur 7 hari dapat mencapai mutu rencana ?
4. Berapa persen peningkatan kuat tekan beton geopolimer pada setiap variasi campuran?

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan sebagai yang diteliti sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan sebagai alkali aktivator yaitu Sodium Silikat (Na_2SiO_3) 70% dan Sodium Hidroksida (NaOH) 30%
2. Hanya menggunakan cangkang telur bebek saja
3. Menggunakan SNI 03 – 1974 – 1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton
4. Penelitian hanya menguji kuat tekan beton dan tidak menguji penyerapan air, porositas dan modulus elastisitas
5. Cangkang telur bebek di bakar dengan oven tungku pembakaran kramik dengan suhu pembakaran mencapai 800°C
6. Agregat halus (pasir) yang di gunakan berasal dari Ciater

7. Agregat kasar (krikil) yang digunakan berasal dari Ciater
8. Tidak mengukur pH pada abu cangkang telur bebek
9. Umur yang akan diuji yaitu 7 hari dengan total benda uji 24 buah
10. Metode perancangan menggunakan Mix Design dengan $f_c' = 20$ MPa, berdasarkan tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03 – 2834 – 2000
11. Tidak melakukan penelitian dan uji kimiawi pada Sodium Silikat dan Natrium Hidroksida
12. Benda uji beton geopolimer akan di oven dengan suhu 83°C selama 24 jam.
13. Ukuran benda uji diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan dari identifikasi masalah dan pembatasan masalah dapat dirumuskan masalah sebagai berikut: “Apakah peningkatan kuat tekan beton geopolimer dapat memenuhi kuat tekan rencana dengan mengoven beton selama 24 jam pada suhu 83°C dan beton yang tidak dioven sebagai kontrol berdasarkan variasi abu cangkang telur bebek dengan umur 7 hari ?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton yang dihasilkan menggunakan abu cangkang telur bebek dengan campuran sodium silikat dan natrium hidroksida pada variasi 0%, 80%, 90% dan

100% pada umur 7 hari dengan mengoven benda uji dan beton kontrol hanya didiamkan pada suhu ruangan.

1.6. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Pemanfaatan cangkang telur bebek yang merupakan sampah untuk diolah kembali dan menghasilkan sebuah produk secara optimal.
2. Menghasilkan bahan alternatif yang dapat menggantikan semen dalam pembuatan beton geopolimer
3. Memberi pengetahuan tentang pembuatan beton geopolimer dengan bahan alternatif abu cangkang telur bebek untuk mengurangi atau menggantikan penggunaan semen.

BAB II

LANDASAN TEORI, KERANGKA BERFIKIR, DAN

HIPOTESIS PENELITIAN

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Beton

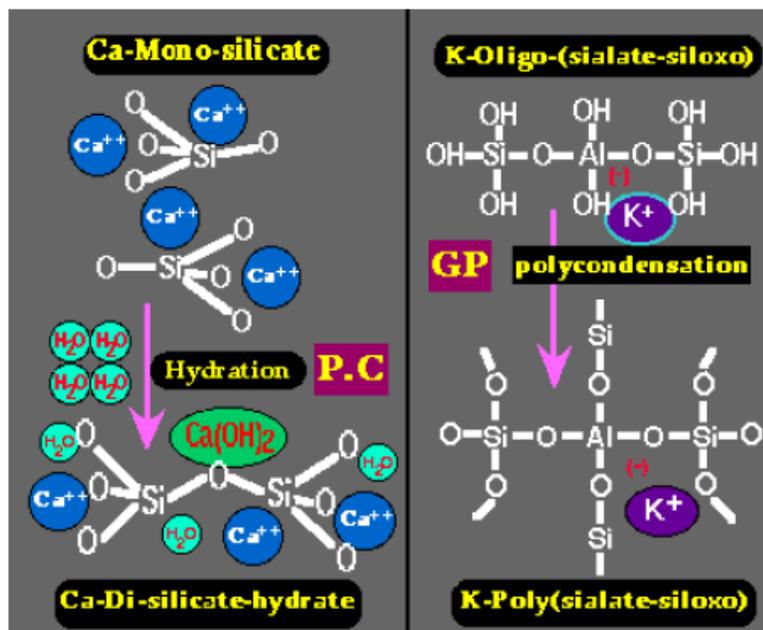
Beton adalah material komposit yang rumit. Pembuatan beton dapat dilakukan pada siapa saja yang tidak mempunyai pemahaman tentang teknologi beton. Hal ini dapat menyebabkan beton yang dihasilkan tidak maksimal. Beton mempunyai kuat tarik yang kecil dan kuat tekan yang besar, maka pada pengaplikasiannya beton dikombinasikan dengan baja tulangan untuk memperoleh kinerja yang tinggi. (Nugraha dan Antoni, 2007:1) Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi, dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya secara umum hanya ditinjau kuat tekannya saja (Tjokrodimuljo, 2001, diacu dalam Tenda dan Tamboto,2014). Secara umum tidak ditentukan batasan nilai kuat tekan dengan mutu normal.

2.1.2. Beton Geopolimer

Geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan – bahan produk samping seperti abu terbang, abu kulit padi, dll, yang banyak mengandung silicon dan alumunium. Beton geopolimer merupakan

produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini unsur aluminium dan silikat merupakan unsur yang mempunyai peran penting dalam membentuk ikatan polimer. Ikatan polimer yang terjadi pada beton geopolimer berbentuk kristal, bukan amorf seperti beton biasa (Lisantonio dan Gladies, 2009).

Proses pembentukan beton geopolimer disebut dengan proses polimerisasi kondensasi, yaitu reaksi gugus fungsi banyak (molekul yang mengandung dua gugus fungsi atau lebih yang dapat bereaksi) yang menghasilkan satu molekul besar bergugus fungsi banyak pula dan diikuti oleh pelepasan molekul kecil. Dalam proses geopolimerisasi, molekul kecil yang dilepaskan adalah air. Pelepasan air ini terjadi selama proses *curing* berlangsung (Triwulan, dkk, 2007:34). Perbedaan reaksi beton geopolimer dengan beton konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Reaksi Hidrasi dan Polimerisasi (www.Geopolymer.org)

Penelitian (Hardjito & Rangan, 2005, diacu dalam Satria, dkk, 2016), menyebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi (molaritas) dari larutan natrium hidroksida maka dapat menyebabkan kuat tekan beton geopolimer meningkat. Perbandingan ratio Na_2SiO_3 dengan NaOH juga turut menentukan kuat tekan beton geopolimer. Kandungan Na_2SiO_3 yang lebih banyak menyebabkan nilai kuat tekan beton geopolimer yang lebih tinggi dibanding dengan kandungan NaOH yang lebih banyak. Selain variasi perbandingan Na_2SiO_3 dengan NaOH juga dapat menyebabkan perbedaan pada *settingtime* beton geopolimer.

2.1.3. Aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan beton geopolimer, aktivator yang digunakan adalah unsur alkali yang terhidrasi. Penggunaan hidroksida sebagai aktivator ini dikarenakan silika merupakan asam kuat maka ia juga akan bereaksi dengan basa kuat. Hidroksida alkali adalah senyawa basa kuat, sehingga penambahan hidroksida alkali pada fly ash dapat mereaksi silika (Triwulan, dkk, 2007:36).

Pada penelitian ini, aktivator yang akan digunakan adalah kombinasi antara sodium silikat dan natrium hidroksida dengan perbandingan antara 70% : 30% dari berat semen. Kombinasi ini digunakan berdasarkan penelitian (Nugraha, 2016)

2.1.4. Prekursor

Prekursor untuk geopolimer berbasis alumina silikat seharusnya kaya akan silikon dan aluminium, yang dapat berupa mineral alami seperti kaolin, tanah liat,

mika, andalusit, spinel dan lain sebagainya, yang rumus empirisnya mengandung silika (Si) , alumunium (Al), dan oksigen (O). (Adisty, 2009). Alternatif lain yang dapat digunakan sebagai material asal adalah material yang berasal produk sampingan seperti abu terbang, *silica, fumei, slag, rice-husk ash*, lumpur merah dan serbuk cangkang telur. Pemilihan material asal untuk pembuatan geopolimer bergantung pada beberapa faktor seperti ketersediaan material asal, biaya, tipe aplikasi dan kebutuhan spesifik dari pemakaian akhir.

2.1.5. Pemanasan Benda Uji

Reaksi polimerisasi membutuhkan panas dalam prosesnya, oleh karena itu metode *curing* dengan menggunakan oven atau *microwave* dengan suhu *curing* yang dlebih tinggi dan waktu *curing* yang lebih lama cenderung lebih baik untuk menghasilkan beton geopolimer dengan kuat tekan yang tinggi. Namun, dalam kondisi tertentu temperature *curing* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kuat tekan beton geopolimer. (Septia, 2011)

Tahapan yang paling penting dalam proses pembuatan beton geopolimer yaitu perawatan (*curing*) agar kualitas beton yang direncanakan terpenuhi. Pada pembuatan beton biasa perawatan yang dilakukan hanya melaukan perendaman atau memberikan air untuk proses hidrasi. Sedangkan perawatan beton geopolimer dengan pemanasan menggunakan oven. Perawatan beton geopolimer yang hanya didiamkan pada suhu ruangan akan mengalami penundaan pada waktu pengikatan. (Kirschner dan Harmuth, 2004). Kuat tekan beton geopolimer dengan temperature curing yang meningkat pada suhu 100°C akan menghasilkan peningkatan kuat tekan beton,

sedangkan untuk temperature *curing* kuat tekan beton geopolimer akan menurun pula pada suhu 105°C dan 120°C (Wulandari,2016).

Pada penelitian ini akan digunakan benda uji dengan suhu pengovenan sebesar 83°C yang sesuai dengan suhu pencampuran sodium silikat dan natrium hidroksida. Jika campuran sodium silikat dan natrium hidroksida jumlahnya bertambah, maka suhu yang dihasilkan akan meningkat. Ketika suhu yang dihasilkan dibawah 100°C akan didapatkan hasil yang sesuai dengan perencanaan.

2.1.6. Agregat

Agregat mempunyai peranan yang sangat besar pada pembuatan beton sekitar 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Dengan agregat dapat menghaaasilkan beton yang kuat, tahan lama dan ekonomis. (Nugraha dan Antoni, 2007:43)

1. Gradasi Agregat

Pada gradasi agregat halus bagian yang lolos ayakan tidak boleh melebihi dari 45% dari yang tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusan antara 2,3 – 3,1. Variasi tidak melebihi dari 0,2. Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih memetukan kelecakan (*workability*) daripada gradasi keseragaman agregat kasar. Pada gradasi agregat kasar SII mensyaratkan modulus kehalusan agregat kasar antara 6,0-7,1. ASTM mensyaratkan gradasi agregat melalui persentase berat yang melalui masing – masing ayakandi jelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C33

No. Ayakan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Melalui Ayakan			
		Agregat Kasar		Agregat Halus	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
1 in	25	95	100		
¾ in	19				
½ in	12,5	25	60		
3/8 in	10			100	100
No. 4	5	0	10	95	100
No. 8	2,5	0	5	80	100
No. 16	1,2			50	85
No. 30	0,6			25	60
No. 50	0,3			10	30
No. 100	0,15			2	10

2. Absorpsi dan Kadar Air

Kadar air pada agregat akan mempengaruhi pada jumlah air yang akan digunakan dalam campuran. Agregat dengan kadar air tinggi akan membuat campuran basah dan meningkatkan faktor air semen sedangkan jika terlalu sedikit maka agregat akan menyerap air pada campuran. Maka pentingnya untuk mengetahui kandungan air dalam agregat.

2.1.7. Abu Cangkang Telur Bebek

Abu cangkang telur bebek adalah hasil dari proses pengolahan limbah cangkang telur bebek yang sebelum di jemur selama kurang lebih 3 hari dibawah sinar matahari, di cuci terlebih dahulu dan setelah kering di tumbuk menjadi ukuran yang lebih kecil 1 – 2 cm. Setelah itu cangkang telur yang sudah kecil – kecil dibakar menggunakan oven dengan suhu 800°C selama \pm 6 jam.

Pada abu cangkang telur mempunyai unsur kimia yang terkandung yaitu, Karbon Dioksida (CO₂) 36,04%, Kalsium Oksida (CaO) 62,92%, Silikon Dioksida

(SiO₂) 0,60% dan Sulfur Dioksida (SO₂) 0,45%. Maka dapat berpotensi sebagai bahan pembuat beton yang dapat mengganti penggunaan semen portland. Dengan bantuan aktivator dan dengan ukuran partikelnya yang halus, abu cangkang telur bebek dapat bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. (Nugrahanto, 2016)

2.1.8. Material Penyusun Beton Geopolimer

Pada penelitian ini bahan – bahan yang digunakan untuk pembuatan beton geopolimer adalah cangkang telur yang di bakar dan ditumbuk menjadi abu, natrium hidroksida, sodium silikat, agregat kasar, agregat halus, dan air yang telah dijelaskan diatas (Pramadanatra, 2015)

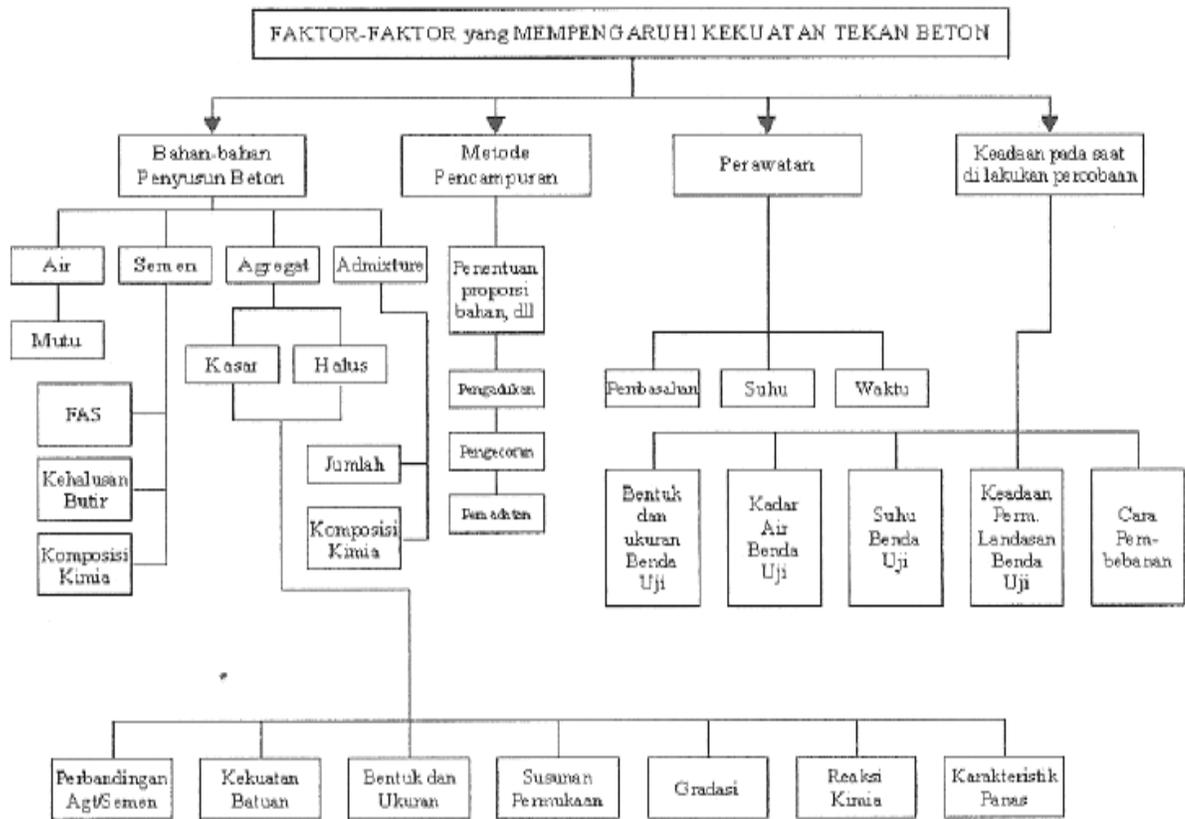
2.1.9. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (SNI 03 – 1974 – 1990)

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatannya tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kriteria penerimaan beton harus sesuai dengan standar yang berlaku. Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus

memenuhi 0,85 f'c untuk tekan rata – rata dua silinder dan memenuhi 0,82 untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya. (Mulyono, 2004)

Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu :



Gambar 2.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton

2.2. Penelitian yang Relevan

Untuk mendukung penelitian ini, berikut dicantumkan hasil penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini:

1. BIMA PURWA NUGRAHANTO. **Studi Tekan Beton dengan Pemanfaatan Abu Cangkang Telur Bebek Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopolimer.** Skripsi, Universitas Negeri Jakarta 2016. Dari hasil penelitian tersebut didapat 0% = 0,33 MPa, 15% = 4,91 MPa, 30% = 7,05 MPa dan 45% = 13,23 MPa menunjukkan bahwa sifat mekanis dari geopolimer berbahan dasar abu cangkang telur bebek mengalami kenaikan kuat tekan.
2. ALPRI PRADANATRA. **Pemanfaatan Tepung Cangkang Telur Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopoimer.** Skripsi, Universitas Negeri Jakarta 2014. Dari hasil penelitian tersebut didapat 0% = 0,74 MPa, 45% = 18,02 MPa, 60% = 18,87 MPa, 75% = 20,48 MPa dan 90% = 25,48 MPa membuktikan bahwa kandungan yang terdapat pada tepung cangkang telur bebek dapat meningkatkan kuat tekan beton dan sebagai prekursor yang akan membuat proses pengikatan campuran beton akan lebih sempurna.

2.3. Kerangka Berfikir

Penggunaan beton sebagai material utama yang paling sering digunakan pada konstruksi bangunan di dunia dan termasuk Indonesia. Seiring berjalannya waktu banyak penemuan – penemuan baru untuk menciptakan beton yang memiliki kinerja yang lebih maksimal dengan mencampur beton dengan bahan tambah (*additive*) atau dengan mengganti bahan utama (*substitutive*). Penggunaan bahan tambah ataupun bahan pengganti bukanlah hal yang baru dilakukan dalam konstruksi saat ini. Mengganti bahan utama pembuat beton yaitu semen salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran udara yang di sebabkan dari pembuatan semen.

Pada penelitian ini, semen akan digantikan dengan abu cangkang telur sebagai bahan dasar pembuatan beton geopolimer. Abu cangkang telur selama ini belum dimanfaatkan secara optimal khususnya pada pembuatan beton. Dengan tidak mengurangi standar kuat tekan beton yang sudah ditetapkan, penelitian ini mencoba mengganti semen dengan abu cangkang telur yang dibakar terlebih dahulu pada suhu mencapai 800°C dalam waktu ± 6 jam dan ditumbuk hingga menjadi abu. Hal ini dilakukan agar zat organik yang terkandung pada cangkang telur hilang.

Abu cangkang telur bebek berfungsi sebagai prekursor yang akan bereaksi dengan mencampur Sodium Silikat dan Natrium Hidroksida yang berperan sebagai aktivator. Reaksi polimerisasi dari beton geopolimer membutuhkan panas dalam prosesnya, oleh karena itu metode *curing* dengan menggunakan oven pada suhu 83°C selama 24 jam dapat menghasilkan beton geopolimer dengan kuat tekan yang tinggi. Suhu pemanasan ditentukan dari reaksi pencampuran sodium silikat dengan natrium hidroksida. Maka diharapkan kuat tekan beton yang akan dihasilkan meningkat setelah dilakukannya pengovenan.

Sesuai dengan yang telah dijelaskan diatas, maka perlu diteliti lebih lanjut mengenai fungsi abu cangkag telur sebagai prekursor dalam pembuatan beton geopolimer dan peningkatkan nilai kuat tekan beton melalui proses pengovenan benda uji pada variasi yang telah direncanakan dengan beton kontrol yang tidak melalui proses pengovenan.

2.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berfikir diatas maka dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

Diduga terjadi peningkatan kuat tekan beton geopolimer dengan mengoven benda uji pada suhu 83°C selama 24 jam pada beton umur 7 hari berdasarkan variasi abu cangkang telur bebek melebihi beton kontrol yang tidak dioven.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk pembuatan dan menguji kuat tekan beton geopolimer dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta yang terletak di Kampus A Jalan Rawamangun Muka Jakarta Timr, sedangkan untuk pembakaran cangkang telur dilaksanakan di Studio Gemerlap, Jl. Siliwangi dang Masjil Al-jihad No. 3 Bekasi Timur. Waktu penelitian dilakukan dari bulan Mei 2017 sampai dengan Agustus 2017.

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah – langkah penelitian suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena tertentu dengan cara ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan variabel-variabel yang di teliti harus mengadakan suatu percobaan. Metode ini dapat dilaksanakan di dalam laboratorium maupun di luar laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium, yaitu Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat peningkatan nilai kuat tekan beton geopolimer dengan megoven benda uji pada variasi campuran abu cangkang telur

bebek dan beton kontrol yang tidak dioven. Beton akan dioven pada suhu 83°C selama 24 jam dengan umur beton 7 hari.

3.3. Teknik Pengambilan Sampel

3.3.1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah beton geopolimer yang terdiri dari campuran Abu Cangkang Telur Bebek dengan variasi campuran 0%, 80%, 90%, 100% sebagai pengganti semen, Natrium Hidroksida (NaOH), dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3).

3.3.2. Sampel

Sampel yang akan di uji kuat tekannya dalam penelitian ini berjumlah 24 buah yang merupakan keseluruhan dalam sampel, yang terdiri dari 12 buah benda uji dengan proses pengovenan dan 12 buah benda uji tidak dioven pada masing-masing variasi berjumlah 3 buah. Jumlah sampel yang digunakan sesuai dengan SNI 03-2834-200. Dapat dilihat pada Tabel 3.1

3.4. Perhitungan Campuran Beton

Pada penelitian ini dalam menentukan *mix design* campuran beton geopolimer menggunakan metode yang sama dengan beton konvensional. Hal ini menandakan bahwa beton geopolimer di disain dengan kuat tekan rencana yang sama dengan beton konvensional menurut standar yang ada. Perancangan pencampuran beton geopolimer mengganti semen menjadi abu cangkang telur dengan agregat halus dan

kasar tetap sama dengan beton konvensional. Dalam penelitian ini beton geopolimer memiliki target kekuatan $f_c' = 20$ MPa.

3.4.1. Perhitungan Komposisi Pasta Geopolimer

Hal yang harus dilakukan pertama dalam menentukan campuran beton geopolimer adalah mencari variasi yang tepat untuk menghasilkan beton yang baik. Komposisi perbandingan dari abu cangkang telur dengan larutan aktivator dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rencana Uji Laboratorium

Macam Pengujian	Sampel	Persentase Na_2SiO_3 dan NaOH	Persentase Abu Cangkang Telur	Kode Sampel	Jumlah
Kuat Tekan	Beton Silinder d= 10 cm t= 20 cm	70 : 30	0%	1A	3
				1B	3
			80%	2A	3
				2B	3
			90%	3A	3
				3B	3
			100%	4A	3
				4B	3
Total Sampel					24

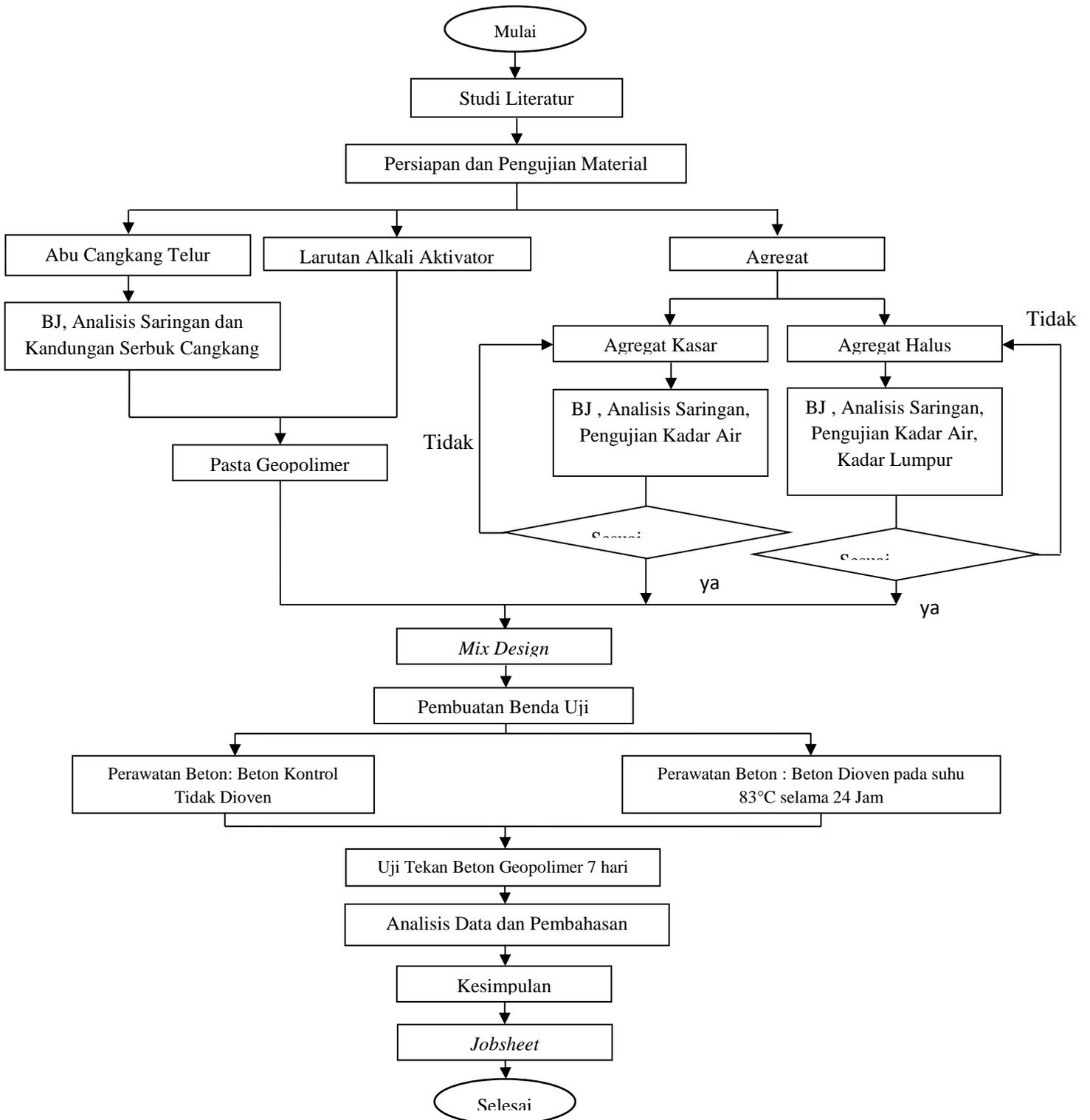
Ket:

A = beton yang dioven

B = beton yang tidak dioven

3.5. Rancangan Penelitian

Dalam proses penelitian perancangan beton dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.6. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan adalah berupa timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh, cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm, tongkat pemadatan dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm, wadah pengaduk campuran yang kedap air, peralatan tambahan (sendok spesi, spatula, talam, cape, palu dan sarung tangan) dan alat uji tekan beton (*Crushing Machine*).

3.7. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu, tahap persiapan, tahap pemeriksaan bahan, tahap pembuatan benda uji, tahap perawatan benda uji, tahap pengujian tekan benda uji. Penjelasan mengenai prosedur kerja tersebut adalah sebagai berikut :

3.7.1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan penelitian ini dilakukan untuk segala hal yang mendukung terlaksananya proses penelitian. Dimulai dari pemeriksaan alat yang akan digunakan, pengujian material yang akan digunakan dalam proses penelitian, dan penentuan hari pengerjaan penelitian.

3.7.2. Tahap Pemeriksaan Bahan

Sebelum bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian, harus dilakukan pemeriksaan. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui bahan tersebut layak atau tidak

untuk digunakan dalam penelitian. Adapun pemeriksaan bahan-bahan dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.7.3. Tahap Perencanaan Proposi Campuran

Dalam perencanaan proposi campuran untuk beton geopolimer yang digunakan berdasarkan SNI 03-2834-2002 “Tata Cara Pembuatan Beton Normal” dan hanya mengganti pasta semen dengan pasta geopolimer.

3.7.4. Tahap Pengadukan

Pada tahap pengadukan dimana pencampuran bahan berdasarkan berat yang ditimbang. Dilakukan pengadukan beton berdasarkan SNI 03-3976-1995 “Tata Cara Pengadukan Beton” dengan menentukan jumlah adukan sebanyak 35 dalam waktu 3,5 menit.

3.7.5. Tahap Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji pada penelitian ini sama dengan pembuatan beton konvensional. Benda uji yang dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

3.7.6. Tahap Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah di buat akan dimasukkan kedalam oven pada suhu 83°C dalam waktu 24 jam kemudian benda uji didiamkan pada suhu ruangan hingga umur beton mencapai 7 hari.

3.7.7. Uji Tahap Pengujian Kuat Tekan

Setelah beton mencapai umur 7 hari, akan dilakukan pengujian kuat tekan. Prosedur perhitungan kuat tekan dilakukan menggunakan SNI 03-1974-1990 “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”.

3.8. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini diambil dari hasil pengujian kuat tekan pada beton geopolimer dengan menggunakan mesin uji kuat tekan dan melakukan pemeriksaan material yang digunakan.

3.9. Analisi Data

Teknik analisis data merupakan hasil dari kuat tekan beton geopolimer yang akan dibuat dalam bentuk diagram dan tabel yang disimpulkan secara deskriptif. Hasil yang dibuat dari pengolahan data pengujian kuat tekan di laboratorium dengan bantuan program *Microosoft Excel*. Prosedur pembuatan dan pengujian benda uji yang digunakan pada penelitian ini di susun dalam bentuk *jobsheet*.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Pendahuluan Bahan Peyusun Beton Geopolimer

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar dari Ciater, agregat halus dari Ciater, natrium hidroksida dan sodium silikat didapat dari toko kimia dan abu cangkang telur bebek berasal dari limbah tukang martabak yang di bakar pada suhu 800°C selama \pm 6 jam menggunakan tungku/oven pembakaran keramik yang terletak di Studio Kramik Gemerlap, Jl. Siliwangi gang Masjid Al-jihad No.30, Bekasi timur.

4.1.1. Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Material yang akan digunakan sebelumnya dilakukan pengujian terlebih dahulu pada agregat halus dan agregat kasar yang mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian		Standar SNI	
	Agregat Halus	Agregat Kasar	Agregat Halus	Agregat Kasar
Kadar Lumpur	4,84 %	-	< 5%	-
Zat Organik	Warna No.1	-	1,5 – 3,8	-
Kadar Air	5,94 %	3,72 %	-	5 – 8
Penyerapan	4,16 %	0,33 %	-	-
MHB	4,52 %	7,43 %	-	-
Berat Jenis	2,63 %	2,47 %	-	-

4.1.2. Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek

Cangkang telur bebek yang sudah menjadi serbuk dilakukan pengujian unsur dan senyawa dan berat jenis. Hasil uji serbuk cangkang telur bebek dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Abu Cangkang Telur Bebek

Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,74 gram/ml
Kandungan senyawa	
- Karbon Dioksida (CO ₂)	39,04 %
- Kalsium Oksida (CaO)	60,52%
- Sulfur Dioksida (SO ₂)	0,44 %

4.1.3. Perhitungan Rencana Campuran Beton Geopolimer

Perhitungan rencana campuran pembuatan beton geopolimer mengacu pada ASTM C33-02a “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”. Dengan data hasil uji bahan pada agregat halus, agregat kasar, dan abu cangkang telur bebek.

Pada campuran beton geopolimer memiliki mutu rencana adalah $f_c' 20$ MPa dengan FAS 0,40, maka proporsi bahan penyusun beton geopolimer pada satu silinder dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Proporsi Bahan Campuran Beton Geopolimer Untuk Satu Silinder

Bahan – Bahan	Berat (kg)			
	0%	80%	90%	100%
Abu Cangkang Telur Bebek	-	0,57	0,64	0,71
Natrium Hidroksida	0,21	0,21	0,21	0,21
Sodium Silikat	0,50	0,50	0,50	0,50
Agregat Halus (Pasir)	0,90	0,90	0,90	0,90
Agregat Kasar (Krikil)	1,53	1,53	1,53	1,53
Jumlah	3,14	3,71	3,78	3,85

Setelah merencanakan campuran beton sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) selanjutnya *mix desing* yang sudah direncanakan di koreksi dengan kebutuhan bahan yang dipakai. Perhitungan *mix desing* dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.2. Hasil Pengujian

4.2.1. Berat Isi Beton Geopolimer

Berat beton yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap uji kuat tekan. Sebelum di timbang beton melalui proses pengovenan pada suhu 83°C selama 24 jam, sedangkan beton kontrol sebelum ditimbang tidak dilakukan pengovenan hanya didiamkan pada suhu ruangan selama 7 hari dan kemudian dilakukan penimbangan berat isi beton. Hasil berat isi beton dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Berat Isi Beton Umur 7 hari Dioven dan tidak Dioven

Perlakuan	Sample	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (kg)			
				0% (80%	90%	100%
Dioven	1	10	20	-*	3,623	3,555	3,634
	2	10	20	-*	3,615	3,643	3,671
	3	10	20	-*	3,640	3,566	3,630
	Rata-Rata			-*	3,626	3,588	3,645
Tidak Dioven	1	10	20	3,292	3,641	3,642	3,626
	2	10	20	3,268	3,649	3,660	3,654
	3	10	20	3,357	3,605	3,573	3,661
	Rata-Rata			3,306	3,632	3,625	3,647

*Benda uji tidak dapat di uji dikarenakan beton tidak dapat mengeras/ hancur.

4.2.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer dilakukan tes kuat tekan pada lab bahan yang didampingi laboran saat melakukan tes kuat tekan. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Kuat Tekan Beton pada Umur 7 Hari

Perlakuan	Sample	Kuat Tekan 7 hari (MPa)			
		0%	80%	90%	100%
Dioven	1	-*	5,09	7,89	11,46
	2	-*	6,36	7,64	14,01
	3	-*	7,51	10,19	16,56
	Rata-Rata	-*	6,32	8,57	14,01
Tidak Dioven	1	3,82	3,82	5,09	5,73
	2	13,37	4,33	6,37	5,09
	3	5,73	6,36	5,86	7,77
	Rata-Rata	7,64	4,84	5,77	6,19

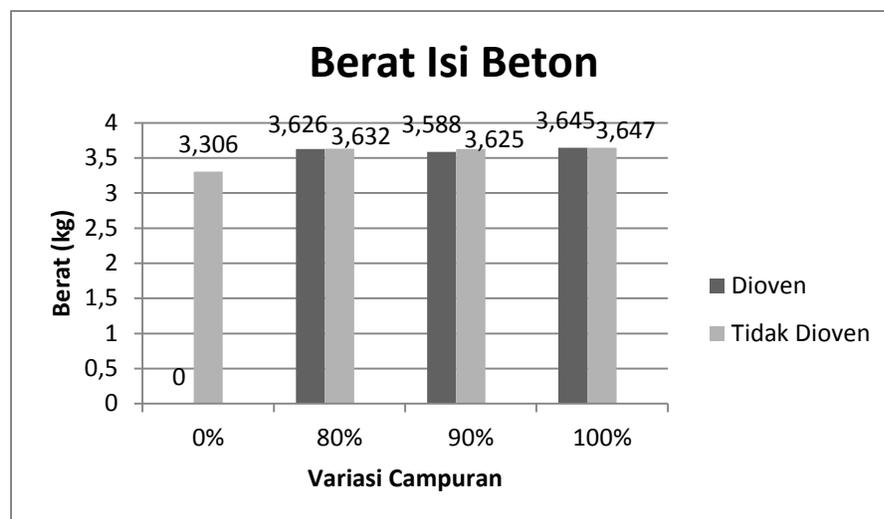
*Benda uji tidak dapat di uji dikarenakan beton tidak dapat mengeras/ hancur.

4.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Beton geopolimer dengan mutu rencana f_c' 20 MPa dengan menggunakan abu cangkang telur bebek pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% dari berat semen. Pembahasan hasil penelitian dilakukan berdasarkan data yang diperoleh.

4.3.1. Berat Isi

Berat isi yang telah ditimbang dikelompokkan menurut jumlah variasi abu cangkang telur bebek seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.4. Grafik hasil berat isi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Berat Isi Beton

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan berat isi beton dikarenakan adanya penambahan abu cangkang telur bebek. Pada benda uji beton yang dioven mengalami selisih dengan benda uji yang tidak dioven. Tingginya berat jenis abu cangkang telur bebek salah satu yang dapat menyebabkan kenaikan berat isi

beton. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada saat pemanasan terjadi penguapan yang menyebabkan berkurangnya berat isi beton.

Hasil penimbangan berat isi beton pada 1A lebih kecil dari semua variasi, hal ini terjadi karena beton 1A memiliki tingkat kekeroposan sisi sebesar 85% didapat dari perbandingan berat isi rata-rata dan bagian sisi berlubang dengan kedalaman 1 – 3 cm. Sedangkan 1B tidak dapat ditimbang karena benda uji tidak dapat mengeras dan hancur. Beton dapat dilihat pada Gambar 4.2.



(1A)



(1B)

Gambar 4.2 Beton 0% yang Dioven (1A) dan yang Tidak Dioven (1B)

Berat isi beton 2B mengalami kenaikan dari beton 1B. Hal ini terjadi karena sisi beton 2B mengalami sedikit berlubang. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.3.



(2A)



(2B)

Gambar 4.3 Beton 80% yang Dioven (2A) dan yang Tidak Dioven (2B)

Selanjutnya berat isi beton 3A dan 3B mengalami penurunan dari 2A dan 2B, hal ini terjadi dikarenakan beton memiliki tingkat kekeroposan pada sisi beton 3A sebesar 15% sedangkan beton 3B pada sisi benda uji beton mengalami pengkroposan sebesar 10% dihitung dari perbandingan rata-rata berat isi beton. Beton dapat dilihat pada Gambar 4.4.



(3A)



(3B)

Gambar 4.4 Beton 90% yang Dioven (3A) dan yang Tidak Dioven (3B)

Lalu berat isi yang dihasilkan beton 4A dan 4B lebih tinggi dari semua variasi, hal ini terjadi dikarenakan tingkat kekeroposan pada sisi beton kecil. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.5.



(4A)



(4B)

Gambar 4.5 Beton 100% yang Dioven (4A) dan yang Tidak Dioven (4B)

4.3.2. Kuat Tekan Beton Variasi Campuran 0%, 80%, 90% dan 100% Abu Cangkang Telur Bebek

Benda uji beton pada variasi 0% dibuat tanpa ada campuran abu cangkang telur. Hal ini bertujuan untuk menjadi acuan agar dapat mengetahui berapa kuat tekan yang dihasilkan jika ditambahkan dengan abu cangkang telur bebek. Uji kuat tekan beton dengan variasi 80%, 90% dan 100% perlakuan tidak berbeda dengan yang lain. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.6 Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton Dioven Umur 7 Hari

Hasil kuat tekan benda uji 1A tidak menghasilkan kuat tekan dikarenakan beton tidak dapat mengeras setelah dioven. Sedangkan uji kuat tekan pada beton 2A masih belum mampu melebihi mutu beton rencana. Nilai kuat tekan beton maksimum yang dihasilkan sebesar 6,32 MPa. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.7.

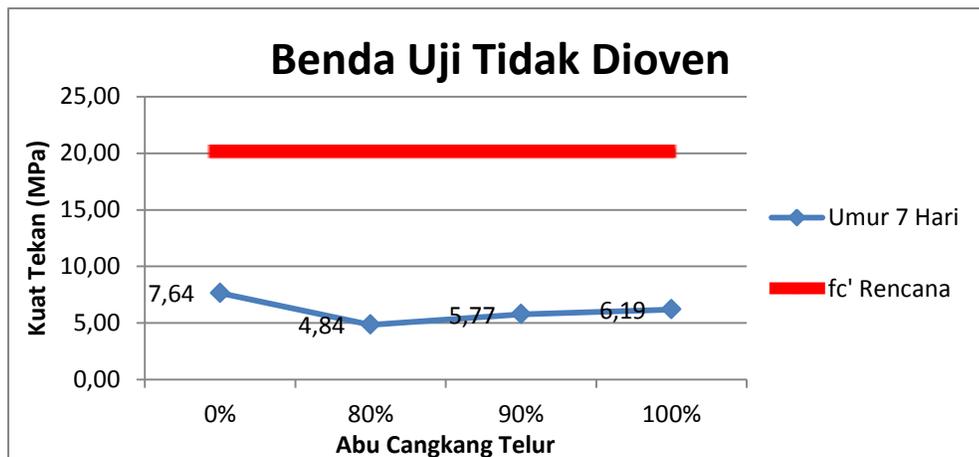


(2A)

(2B)

Gambar 4.7 Uji Kuat Tekan Beton 80% (2A) Dioven dan Tidak Dioven (2B)

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai kuat tekan beton maksimum pada beton 3A hasil pengujian yang didapat sebesar 8,57 MPa. Sama dengan beton 2A, pada beton 3A juga belum mampu melebihi mutu beton rencana. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.10. Hasil uji kuat tekan pada beton 4A memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 14,01 MPa. Mutu beton yang dihasilkan tidak mencapai mutu rencana dapat dikarenakan kandungan silika pada serbuk cangkang telur tidak ada, sehingga dapat mengurangi hasil kuat tekan. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.8 Diagram Kuat Tekan Rata-Rata Beton Tidak Dioven Umur 7 Hari

Hasil dari uji kuat tekan beton 1B sebesar 7,64 MP. Pola retakan yang ditimbulkan dari uji tekan disebabkan adanya gesekan pada plat tepi pada saat pengujian. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Uji Kuat Tekan Beton 0% Tidak Dioven (1B)

Hasil uji kuat tekan pada beton 2B memiliki kuat tekan sebesar 4,84 MPa. Kuat tekan beton mengalami penurunan, hal ini dapat dikarenakan permukaan benda uji tidak rata dan tidak maksimalnya proses polimerisasi. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.7. Hasil pengujian yang didapat pada beton 3B memiliki kuat tekan sebesar 5,77 MPa. Kuat tekan beton yang dihasilkan mengalami penurunan dapat dikarenakan kekeroposan pada benda uji dan permukaan benda uji tidak rata sehingga tidak maksimalnya data yang didapat pada uji tekan beton. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.10.



(3A)



(3B)

Gambar 4.10 Uji Kuat Tekan Beton 90% (3A) Dioven dan Tidak Dioven (3B)

Hasil uji kuat tekan pada beton 4B memiliki kuat tekan sebesar 6,19 MPa. Pola retakan yang terjadi yaitu keruntuhan dengan gesekan pada plat tepi. Pola retakan yang sama terjadi pada benda uji yang lain. Pola retakan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



(4A)

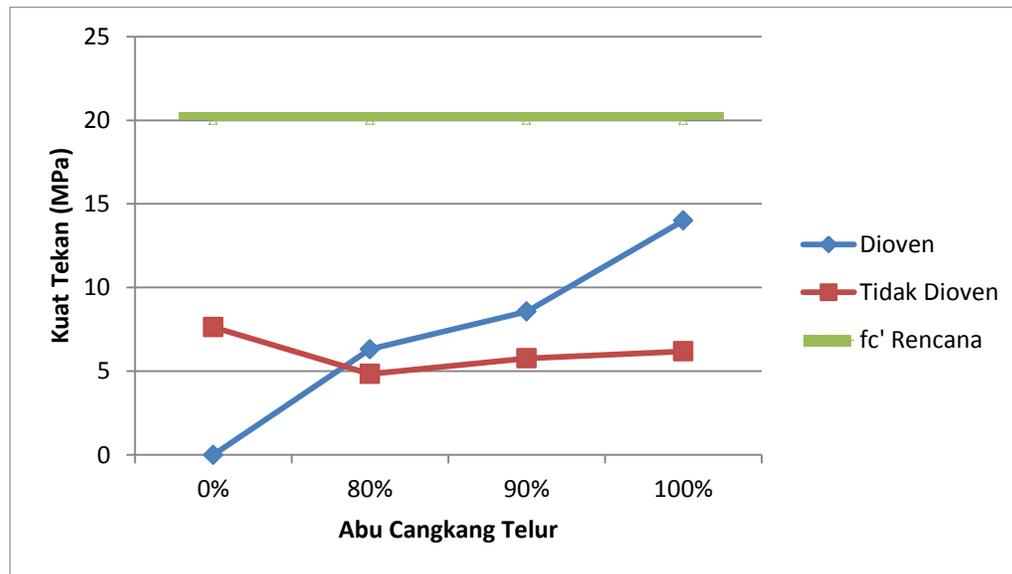


(4B)

Gambar 4.11 Uji Kuat Tekan Beton 100% (4A) Dioven dan Tidak Dioven (4B)

4.3.3. Analisis Secara Keseluruhan

Pada pembuatan benda uji beton dilakukan dengan cara yang sama pada setiap variasinya. Setiap variasi dibuat benda uji sebanyak 3 buah berbentuk silinder. Campuran serbuk cangkang telur memiliki kuat tekan yang berbeda-beda pada setiap variasinya. Beton yang sudah cukup umur akan di uji kuat tekannya. Hasil uji kuat tekan beton keseluruhan pada umur 7 hari pada beton yang dioven dan tidak dioven dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Kuat Tekan Beton Dioven dan Tidak Dioven

Hasil yang ditunjukkan pada grafik di atas bahwa dengan pengovenan benda uji akan meningkatkan kuat tekan beton. Perbedaan jelas terlihat pada beton yang melalui proses pengovenan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan perawatan temperatur atau pengovenan pada umur 7 hari paling tinggi pada variasi 100% sebesar 14,01 MPa.

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa cara perawatan beton geopolimer serbuk cangkang telur bebek dengan metode pemanasan/pengovenan sangat menentukan kuat tekan yang dihasilkan. Pada perawatan dengan *temperature* ruangan nilai kuat tekan yang dihasilkan rendah. Sedangkan perawatan beton benda uji dengan mengoven selama 24 jam pada suhu 83°C, nilai kuat tekan yang dihasilkan tinggi walupun belum mencapai mutu yang direncanakan. Hal ini sejalan dengan apa yang dijelaskan oleh Nugraha (2016) dan Sumajouw,dkk (2014) dimana dengan melakukan perawan dengan menoven dan dengan adanya perlakuan *Curing*

Temperature nilai kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat. Kurang maksimalnya nilai kuat tekan beton yang dihasilkan, ini dapat disebabkan kandungan silika pada abu cangkang telur bebek tidak ada. Seperti yang diketahui pada buku Teknologi Beton (Nugraha dan Antoni,2007) disebutkan bahwa bahan tambah yang akan digunakan pada beton harus mengandung silikon lebih dari 75%.hal ini adalah salah satu penyebab beton yang dihasilkan kurang baik.

4.4. Keterbatasan Penelitian

Pada Penelitian ini masih banyak keterbatasan penelitian yang diantaranya adalah :

1. Tidak tersedianya alat *capping* untuk silinder ukuran tinggi 20 cm diameter 10 cm untuk meratakan permukaan beton. Hal ini disebabkan tidak rata nya permukaan benda uji yang dapat berpengaruh pada uji tekan.
2. Tidak melakukan uji tekan pada umur 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
3. Peneliti tidak melakukan tes slump dikarenakan beton geopolimer cepat mengeras.
4. Suhu pembakaran cangkang telur mencapai 800°C dalam jangka waktu pencapaian ± 6 jam

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kuat tekan beton geopolimer yang dihasilkan dengan memanaskan benda uji beton pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% yaitu 0MPa, 6,32 MPa, 8,57 MPa dan 14,01MPa , sedangkan benda uji beton yang tidak dilakukan pemanasan nilai kuat tekan beton pada variasi 0%, 80%, 90% dan 100% yaitu 7,64 MPa, 4,84MPa, 5,77MPa dan 6,19MPa. Dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata maksimum terdapat pada variasi 100% dengan benda uji yang dioven pada suhu 83°C terlebih dahulu.
2. Benda uji beton geopolimer pada umur 7 hari yang dioven maupun tidak dioven belum mencapai mutu beton yang sudah direncanakan f_c' 20MPa. kemungkinan kuat tekan beton akan bertambah jika umur beton di tambah pada variasi umur 14, 21 dan 28 hari.

5.2 Saran

Untuk menghasilkan penelitian yang sempurna, maka disarankan sebagai berikut :

1. Dalam proses pembuatan benda uji banyak yang harus diperhatikan untuk mengurangi kesalahan dalam pengambilan data, dari material yang digunakan, peralatan dan pembuatan benda uji.
2. Perataan benda uji saat dimasukkan kedalam silinder sangat penting agar saat uji tekan dilakukan mendapatkan hasil yang maksimal dan tidak ada permukaan yang tidak rata dan sisi yang keropos.
3. Dilakukan penelitian lanjutan tentang variasi umur beton geopolimer terhadap kuat tekan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisty, Dian. 2009. Sintesis Geopolimer Berbahan Baku Abu Terbang ASTM kelas C. [Skripsi].Depok: FakultasTeknik, Universitas Indonesia.
- ASTM C33 Tentang Agregat
- Badan Standar Nasional, 1990. SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional, 1995. SNI 03-3976-1995, *Tata Cara Pengadukan Pengecoran Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional, 2000. SNI 03-2384-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Davidovits, J. 1994. *Properties of Geopolymer Cements.First International Conference on Alkaline Cements and Concretes.* : 131-149.
- Kirschner, A. V., & Hharmuth, H. (2014). *Investigation of Geopolymr Binders with Respect to Their Application for Building Materials. Cristan Deppler Laboratory for Building Material with Optimized Properti at the Departemen Of Ceramics, University of Leoben, Leobon, Austria.*
- Lisantono, A. & Peggie, G. H. 2009. Pengaruh Penggunaan Plasticizer pada Self Compacting Geopolimer Concrete Dengan Atau Tanpa Bahan Tambahan Kapur Padam. Media Teknik Sipil, Volume V. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugrahanto, Bima P. 2016. Studi Kuat Tekan Beton dengan Pemanfaatan Abu Cangkang Telur Bebek Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopolimer [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Nugraha, Paul : Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Surabaya: Penerbit Andi.

- Pramadanatra, A. 2015. Pemanfaatan tepung cangkang telur sebagai bahan dasar pembuatan beton geopolimer [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Raju, N. Krisna. (1983). *Design Of Concrete Mixes*. India : Penerbit CBS.
- Santoso, A., 2014, Pemanfaatan Tepung Cangkang Telur Bebek Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Beton Geopolimer, [Skripsi],Fakultas Teknik UNJ, Jakarta.
- Satria, J., Sugiarto, A., Antoni, & Hardjito, D. (2016). Karakteristik Beton Geopolimer Berdasarkan Variasi Waktu Pengambilan Fly Ash. Studi Teknik Sipil. Universitas Kristen Petra.
- Septia, P. 2011. Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH : Na_2SiO_3 , Rasio Air/Prekursor , Suhu Curing dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer [skripsi]. Depok: FakultasTeknik, Universitas Indonesia.
- Setyo, Galih. 2008, Geopolimer Material Ajaib Ramah Lingkungan, Diambil dari : www.myscountchemistry.wordpress.com [Diakses pada 25 Maret 2017]
- Sumajojouw, M. J. D., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi.
- Triwulan, Ekapurti, J. J., & Adiningtyas, T. (2007). Analisis Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Lumpur Porong Kering Sebagai Pengisi.
- Wulandari, T. 2016. Kajian Temperatur *Curing* pada Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Kaolin [skrpsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Yadi, Musli, 2015. Kuat Tekang Mortar Beton Geopolimer Berdasarkan Kehalusan *Fly Ash* Dengan Menggunakan Aktivator *Sodium Hydroxide* (NaOH) dan *Sodium Silicate* (Na_2SiO_3),[Skripsi], Fakultas Teknik Bina Darma, Palembang.