

**BETON GEOPOLIMER KEDAP AIR SEBAGAI PEMBERAT  
TERAPUNG HIDROPOWER ELEVATOR**  
*Geopolimer Concrete as Ballast Floating Water Hydropower Elevator*

**Andi Rosita Dewi**

**INTISARI**

Saat ini pertumbuhan jumlah penduduk kian harinya semakin meningkat. Kebutuhan akan hunian pun akan semakin banyak sedangkan lahan yang tersedia cukup terbatas. Dengan demikian masyarakat mulai melirik konsep rancangan hunian dengan perluasan vertikal yang membutuhkan elevator. Elevator pada dasarnya adalah sebuah rakitan sistem katrol sederhana yang menerapkan prinsip kerja hukum mekanika newtonian. Pemberat terapung yang digunakan dalam membantu kerja *hidropower elevator* dapat berupa beton. Pemberat terapung ini harus memiliki sifat berat, terapung di air, dan stabil terhadap gelombang air dan guncangan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan efisiensi dari penggunaan pemberat terapung yang berupa beton geopolimer yang nantinya akan berfungsi sebagai pembantu alat *hidropower elevator* yang lebih efisien. Beton geopolimer ini juga dapat menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah abu terang (*fly ash*) yang dihasilkan dalam industri pembuatan semen.

Hasil penelitian Diperoleh mix design yang paling sesuai untuk pembuatan beton geopolimer kedap air yaitu agregat kasar 2,49 kg, agregat halus 1,617 kg, air 0,314 liter, NaOH 0,245 kg,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  0,57 kg dan sikamet LN 0,0056 kg. Campuran semen untuk masing-masing campuran dikurangi dengan penggunaan *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20% adalah berturut-turut 0,95 kg, 0,9 kg, 0,85 kg dan 0,8 kg. Campuran *fly ash* dengan komposisi 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing 0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg dan 0,2 kg.

Kekedapan air beton geopolimer dengan variasi *fly ash* 5%, 10%, 15% dan 20% yang memiliki nilai rata-rata kekedapan air yang rendah adalah variasi 15%. Hasil kekedapan air rata-rata beton geopolimer dengan penambahan *fly ash* 15% Nilai rata-rata resapan beton geopolimer 15% *fly ash* pada rendaman 10+0,5 menit 1,89% adalah dan rendaman 24 jam adalah 4,89 %.

Sehingga menggunakan beton geopolimer sebagai pemberat terapung *hidropower elevator* lebih baik dari pada beton normal dan takaran yang paling sesuai adalah 15% *fly ash*.

*Kata kunci :Beton geopolimer, hidropower elevator, fly ash*

**PENDAHULUAN**

**A. Latar Belakang**

Saat ini pertumbuhan jumlah penduduk kian harinya semakin meningkat. Kebutuhan akan hunian pun akan semakin banyak sedangkan lahan yang tersedia cukup terbatas. Dengan demikian masyarakat mulai

melirik konsep rancangan hunian dengan perluasan vertikal. Rancangan hunian dengan perluasan vertikal memiliki maksud memberikan ekspansi ruang hunian tanpa terpengaruh kepadatan populasi pada daerah sekitar hunian (*Fifi, 2009*). *Lift/Elevator* pada dasarnya adalah sebuah rakitan

sistem katrol sederhana yang menerapkan prinsip kerja hukum mekanika *newtonian*. Sistem katrol dalam lift/elevator diatur sedemikian rupa sehingga dapat digerakkan untuk mengangkat beban berat dengan tenaga yang cukup kecil. Mesin ini disebut Mesin *Attwood* Prinsip kerja mesin inilah yang umumnya digunakan pada lift-lift modern (*Giancoli, 1998*).

Pada kenyataannya penggunaan elevator bukanlah sesuatu yang mudah dan membutuhkan biaya yang cukup mahal. Kondisi ekonomi masyarakat belum dapat menjangkau untuk anggaran pembuatan elevator di rumah hunian. Salah satu teknologi terbaru yang dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat di rumah hunian yang menerapkan rancangan vertikal adalah *hidropower elevator*.

Jenis Pemberat terapung yang digunakan dalam membantu kerja *hidropower elevator* dapat berupa beton. Beton yang dibutuhkan adalah beton yang memiliki kemampuan kedap air yang tinggi dan dapat menjadi pemberat. Menciptakan beton pemberat terapung dibutuhkan faktor air semen yang rendah dan penggunaan semen yang tinggi. Pemberat terapung ini harus memiliki sifat berat, terapung di air, dan stabil terhadap gelombang air dan guncangan.

Pemberat terapung membutuhkan kandungan semen yang cukup tinggi, sedangkan penggunaan semen saat ini cukup menjadi kontroversi. Dalam proses pembuatan satu ton semen dapat menyumbangkan satu ton emisi gas rumah kaca. Sehingga keberadaan

semen dapat dikatakan merusak lingkungan. Salah satu limbah dari proses pembuatan semen adalah *fly ash* (abu terbang). Keberadaan *fly ash* yang mengandung logam ini dapat berbahaya apabila bersentuhan dengan masyarakat.

*Fly ash* banyak mengandung *silicon* dan alumunium. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton geopolimer.

### **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana Membuat pemberat terapung untuk *hidropower elevator* yang berasal dari betong geopolimer dengan menggunakan perbandingan antara nilai kekedapan air beton geopolimer dan beton normal?
2. Menentukan kandungan *fly ash* optimum dalam pembuatan beton geopolimer dengan pengujian campuran *fly ash* 5%, 10%, 15% dan 20%.

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan nilai kekedapan air antara beton normal dan beton geopolimer.
2. Untuk mengetahui variasi penambahan *fly ash* yang optimum dalam pembuatan beton geopolimer kedap air diantara variasi 5%, 10%, 15% dan 20% yang digunakan.

### **D. Manfaat Penelitian**

Mampu menemukan *mix design* yang tepat untuk pembuatan pemberat terapung dari beton geopolimer. Sehingga masyarakat bisa menerapkan *hidropower*

*elevator* ini di kehidupan nyata dan memberikan manfaat untuk mengatasi mobilitas masyarakat yang tinggi di rumah yang menerapkan perluasan secara vertikal.

### E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Agregat yang digunakan berupa batu pecah (*split*) dengan ukuran diameter maksimum 20mm berasal dari daerah Clereng dan agregat halus menggunakan pasir Merapi dari Sungai Krasak.
2. Natrum Hidroksida dengan kadar 98% dari PT. Brataco.
3. Sodium Silikat dari PT. Brataco.
4. *Fly Ash* dari PT. Semen Gresik.
5. Sikamet LN 0,5%.
6. Variasi kandungan *fly ash* 5%, 10%, 15% dan 20%.
7. Menggunakan faktor air semen 0,45.
8. Perawatan benda uji dengan cara pemanasan di oven dengan suhu 60°C selama 24 jam.
9. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 20 x 20 x 20 cm, sebanyak 12 buah.
10. Metode perancangan beton geopolimer menggunakan metode pendekatan dengan mengacu pada metode Standar Nasional Indonesia (SK. SNI 03-2847-2002)

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*),

agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (Mulyono, 2004). Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, namun kuat tariknya sangat rendah. Menurut Tjokrodinuljo (2007). Perbedaan antara beton geopolimer dengan beton normal yaitu dalam penggunaan semen *portland*. Pada beton geopolimer menggunakan sebagai semen *portland*.

#### B. Beton Geopolimer

##### 1. Definisi Beton Geopolimer

Beton geopolimer merupakan beton yang tidak menggunakan semen *portland* sebagai *binder*. Proses pembentukan beton geopolimer terbentuk melalui proses polimerisasi bahan yang mengandung silikat dan alumina tinggi yang direaksikan dengan menggunakan alkali aktifator (*polysilicate*) menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Dengan ikatan polimer ini maka akan terbentuk padatan berupa *amorf* sampai semi kristal.

##### 2. Material Penyusun Geopolimer

Material penyusun beton geopolimer terdiri dari agregat kasar, agregat halus, prekursor, aktifator, dan air. Salah satu yang membedakan beton normal dengan beton geopolimer adalah penggunaan bahan perekatnya. Bahan perekat geopolimer terdiri dari prekursor dan aktifator. Bahan perekat inilah yang nantinya akan direaksikan dengan air membentuk pasta geopolimer.

###### a. Agregat

Berdasarkan Tjokrodinuljo (2007) Agregat yang dipakai dalam pembuatan beton harus bersih dari kotoran karena berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada agregat halus kandungan kotoran tidak lebih dari 5% untuk beton sampai 10 MPa, dan 2,5 %

untuk beton mutu yang lebih tinggi.

b. *Prekursor*

*Prekursor* merupakan salah satu bahan utama pembentuk polimer yang mengandung senyawa alumina dan silika tinggi. *Prekursor* dapat berupa mineral alami dan limbah industri.

c. Alkali Aktifator

Alkali aktifator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengaktifkan *prekursor*. Alkali mengaktifkan prekursor dengan mendisolusikan mereka ke dalam monomer  $\text{Si}(\text{OH})_4$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_4$ . Selama proses *curing*, monomer- monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi dan berikatan silang. Ion alkali bertindak sebagai penetral muatan (*charger balancer*) untuk tiap molekul tetrahedron  $\text{Al}(\text{OH})_4$  (Septia, 2011). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sandy dan Johannes (2007) aktifator yang digunakan dalam pembuatan beton geopolimer adalah natrium hidroksida dengan sodium silikat.

Sodium silikat merupakan salah satu senyawa yang berperan dalam pembuatan beton geopolimer yang berwarna putih berbentuk gel dan apabila dilarutkan dalam air menghasilkan larutan alkali.

d. Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang digunakan untuk mereaksikan semen sehingga menghasilkan pasta semen yang berfungsi untuk mengikat agregat. Selain itu, fungsi air untuk membasahi agregat dan

memberi kemudahan dalam pengerjaan. Menurut Mulyono (2004), penggunaan air juga sangat berpengaruh pada kuat tekan beton. Penggunaan fas yang terlalu tinggi mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air sehingga mengakibatkan pada saat beton kering mengandung banyak pori yang nantinya berdampak pada kuat tekan beton yang rendah.

### 3. Proses Polimerisasi

Polimerisasi berlangsung pada waktu pencampuran prekursor dengan aktifator. Sintesis dari prekursor dan aktifator akan membentuk material padat. Proses polimerisasi yang terjadi terdiri dari dua tahap yaitu proses disolusi yang diikuti oleh proses polikondensasi.

Proses sintesis terbagi atas proses aktifasi bahan alumina-silikat oleh ion alkali dan proses curing untuk mendorong terjadinya polimerisasi dari monomer alumina-silikat menjadi sruktur jaringan molekul tiga dimensi.

### 4. Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah beton dicetak kedalam cetakan. Ada beberapa metode perawatan beton diantaranya:

- Melakukan perawatan dengan cara perendaman ke dalam bak air dengan suhu  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Menutup dengan menggunakan plastik atau kertas yang tidak tembus air. Hal ini menjaga agar air di dalam beton tidak cepat menguap keluar.
- Pemanasan beton di dalam oven dengan suhu  $60^\circ\text{C}$ . Hal ini bertujuan untuk mempercepat proses hidrasi dan mempercepat pencapaian kekuatan.

Dari ketiga metode yang menghasilkan kuat tekan paling bagus yaitu dengan cara pemanasan.

#### **C. Fly Ash**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Johannes dan Surya (2007) dihasilkan kuat tekan beton geopolimer yang lebih besar dengan menggunakan *fly ash* tipe C dibanding tipe F.

#### **D. Perancangan Campuran Beton Normal**

Perancangan campuran beton (*mix design concrete*) dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut (Mulyono, 2004). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan beton adalah kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari, sifat mudah dikerjakan (*workability*), sifat awet, dan ekonomis (Tirtawijaya, 2012).

#### **E. Perancangan Campuran Beton Geopolimer**

Prinsip dalam perancangan campuran beton geopolimer yaitu penggantian pasta (semen + air) dengan (prekursor + aktifator + Air), sedangkan untuk kebutuhan agregat kasar dan kerikil sama seperti kebutuhan agregat beton konvensional.

#### **F. Kekedapan Air Beton**

Salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tentang beton yang memiliki kedap air yang baik yaitu dengan melakukan uji kekedapan air berdasarkan SNI 03-2914-1992.

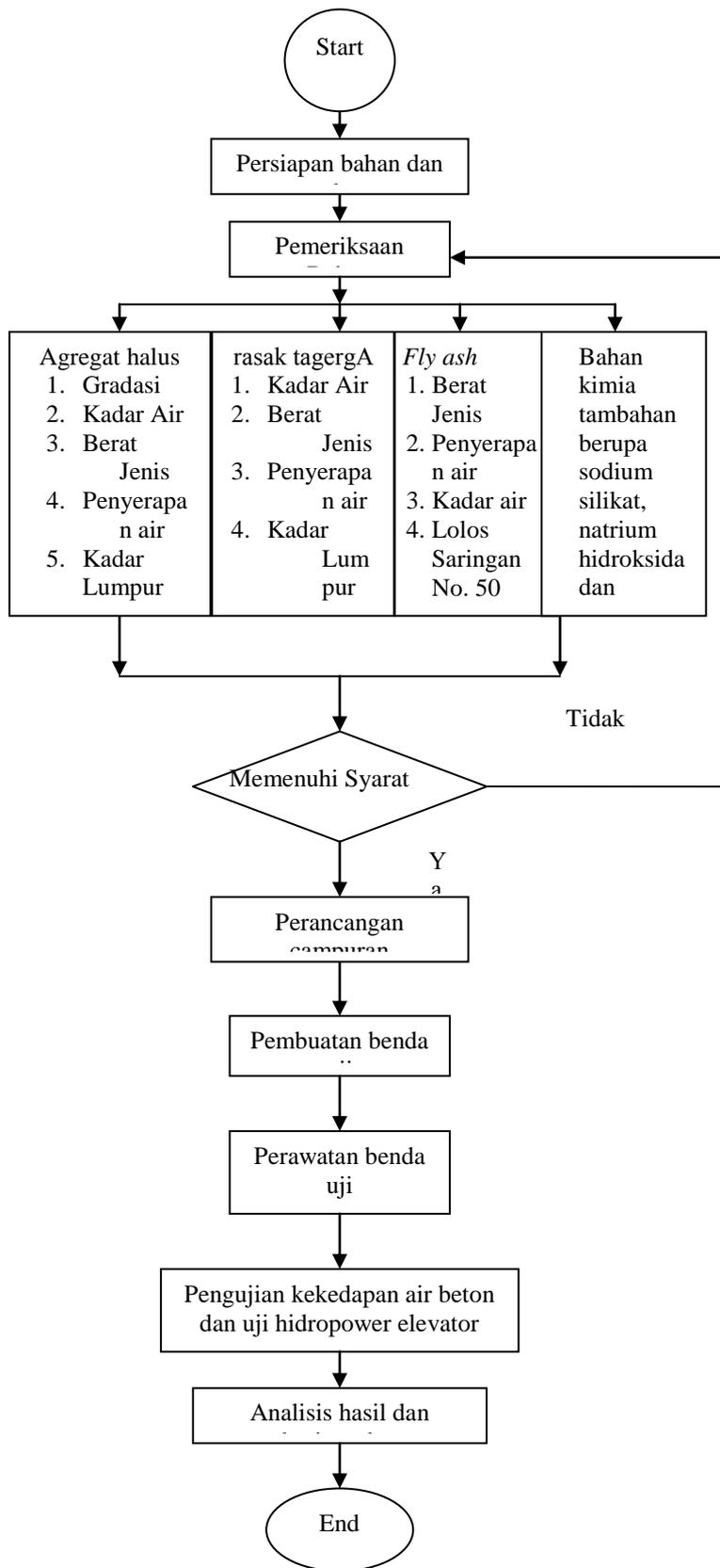
#### **G. Hidropower Elevator**

Cara kerjanya hampir sama dengan elevator pada umumnya. Namun, jika elevator pada umumnya digerakkan dengan energi listrik, maka hidropower elevator ini menggunakan energi yang dihasilkan dari energi air dan gaya gravitasi sebagai alat penggerakannya.

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Bagan Alir Penelitian**

Bagan alir penelitian disajikan untuk mempermudah dalam pelaksanaannya. Adapun bagan alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Pemeriksaan bahan susun beton yang dilakukan di laboratorium telah mendapatkan hasil sebagai berikut :

#### 1. Hasil pemeriksaan bahan susun agregat halus (pasir Sungai Krasak)

##### a. Gradasi agregat halus

Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir) digambarkan pada gambar 4.1. Gradasi yang digunakan adalah daerah gradasi no. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,263.

##### b. Kadar air agregat halus

Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan sebesar 2,67%. Kadar air dalam pasir ini menunjukkan bahwa agregat yang dipakai merupakan agregat yang normal.

##### c. Berat jenis dan penyerapan air

Dari hasil pemeriksaan, berat jenis pasir jenuh kering muka didapat nilai 2,39. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 12,6%.

##### d. Berat satuan

Berat satuan pasir SSD didapat sebesar 1,67 gram/cm<sup>3</sup>. Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut.

**e. Kadar lumpur**

Agregat digunakan sebaiknya memiliki kadar lumpur sekecil mungkin, karena hal tersebut akan mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Kadar lumpur agregat halus diperoleh sebesar 9,6%, lebih besar dari batas yang ditetapkan untuk beton normal sebesar 5% sehingga pasir harus dicuci dulu sebelum digunakan.

**2. Hasil pemeriksaan bahan susun agregat kasar (batu pecah)**

**a. Kadar air**

Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan sebesar 1,315%.

**b. Berat jenis dan penyerapan air**

Berat jenis batu pecah jenuh kering muka adalah 2,7 sehingga batu ini tergolong agregat normal yaitu antara 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodinuljo, 2007).

**c. Keausan**

Keausan batu pecah sebesar 22,36% yang dapat digunakan untuk pembuatan beton dengan mutu lebih besar dari 20 MPa atau kelas mutu III.

**d. Berat satuan**

Berat satuan batu pecah adalah 1,41 gram/cm<sup>3</sup>. Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan apakah agregat tersebut porous atau mampat. Semakin besar berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut.

**e. Kadar lumpur**

Batu pecah pada pengujian ini langsung dari lapangan, tanpa proses pencucian terlebih dahulu. Hasil pengujian didapat kadar lumpur pada batu pecah sebesar 2,4%, hasil pengujian kadar lumpur ini lebih besar dari batas yang ditetapkan yaitu 1%.

**3. Hasil pemeriksaan bahan susun fly ash**

**a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air**

Berat jenis jenuh kering muka yang diperoleh dari hasil pemeriksaan adalah sebesar 2,381. Untuk penyerapan air diperoleh sebesar 2,249%. Karena penyerapan air dari fly ash sangat kecil, maka tidak perlu memperhitungkan penambahan air dalam pembuatan beton.

**B. Hasil Perancangan Campuran Bahan Susun Beton (Mix Design)**

Dalam perancangan campuran bahan-bahan susun beton (*mix design*) Diperoleh mix design yang paling sesuai untuk pembuatan beton geopolimer kedap air yaitu agregat kasar 2,49 kg, agregat halus 1,617 kg, air 0,314 liter, NaOH 0,245 kg, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 0,57 kg dan sikamet LN 0,0056 kg. Campuran semen untuk masing-masing campuran dikurangi dengan penggunaan fly ash 5%, 10%, 15%, 20% adalah berturut-turut 0,95 kg, 0,9 kg, 0,85 kg dan 0,8 kg. Campuran fly ash dengan komposisi 5%, 10%, 15% dan 20% masing-masing 0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg dan 0,2 kg.

**C. Hasil Pengujian Kekedapan Air Beton**

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekedapan air beton normal dan beton geopolimer dengan kadar *fly ash* yang bervariasi. Untuk mengetahui apakah beton yang telah dibuat tersebut benar-benar kedap air atau tidak maka dibutuhkan sebuah pengujian untuk mengetahuinya. Pengujian ini berdasarkan pada SNI 03-2914-1990 antara lain:

1. Selama 10+0,5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven.
2. Selama 24 jam, resapan maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven. Pengetesan beton kedap air ini dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 dimaksudkan untuk mengetahui perkembangan daya absorpsi pada beton kedap air tersebut.

Tabel 4.3 Hasil percobaan rata-rata nilai resapan air untuk rendaman 10+0,5 menit

Kadar Fly Ash	Benda Uji	Hari			
		7	14	21	28
0%	A	2	2,3 6	2,1 3	2,1
5%	B	2,3 3	2,3 3	2,3 3	2,3 3
10%	C	2,3 3	2,3 3	2,3 3	2
15%	D	2	2	1,7 7	1,7 7
20%	E	2,2	2,2	2	2

Tabel 4.4 Hasil percobaan rata-rata nilai resapan air untuk rendaman 24 jam

Kadar Fly Ash	Benda Uji	Hari			
		7	14	21	28
0%	A	6,2 7	6,2 7	6	6

5%	B	6,5	6,4 7	6,4	6,4
10%	C	5,8 3	5,8	5,8	5,7 7
15%	D	5,0 3	5	4,7 7	4,7 7
20%	E	5,9	5,9	5,9	5,9

Sumber : Hasil Penelitian, 2015.

Melihat dari data yang diperoleh untuk campuran fly ash dai 15% ke 20% mengalami penurunan kualitas resapan air sehingga untuk mengetahui nilai presentase kandungan air terbaik antara 15% hingga 20% perlu dilakukan interpolasi seperti data yang diperoleh di bawah ini :

Tabel 4.5 Hasil interpolasi untuk memperoleh persentase kandungan fly ash terbaik rendaman 10+0,5 menit

Fly ash(%)	Hari			
	7	14	21	28
0	2	2.36	2.13	2.1
1	2.26	2.32	2.29	2.28
2	2.31	2.33	2.32	2.32
3	2.32	2.33	2.33	2.33
4	2.33	2.33	2.33	2.33
5	2.33	2.33	2.33	2.33
6	2.33	2.33	2.33	2.07
7	2.33	2.33	2.33	2.02
8	2.33	2.33	2.33	2.01
9	2.33	2.33	2.33	2
10	2.33	2.33	2.33	2
11	2.07	2.07	2.07	1.82
12	2.02	2.02	2.02	1.78
13	2.01	2.01	2.01	1.77
14	2.01	2.01	2.01	1.77
15	2	2	1.77	1.77
16	2.16	2.16	1.95	1.95

17	2.19	2.19	1.98	1.98
18	2	2	1.99	1.99
19	2.1	2.1	2	2
20	2.2	2.2	2	2

Tabel 4.5 Hasil interpolasi untuk memperoleh persentase kandungan fly ash terbaik rendaman 10+0,5 menit

Fly ash(%)	Hari			
	7	14	21	28
0	6.27	6.27	6	6
1	6.45	6.43	6.32	6.32
2	6.49	6.46	6.38	6.38
3	6.5	6.47	6.39	6.39
4	6.5	6.47	6.4	6.4
5	6.5	6.47	6.4	6.4
6	5.96	5.93	5.92	5.9
7	5.86	5.83	5.83	5.8
8	5.84	5.81	5.81	5.78
9	5.84	5.81	5.81	5.76
10	5.83	5.8	5.8	5.77
11	5.19	5.16	4.98	4.97
12	5.07	5.04	4.82	4.82
13	5.04	5.01	4.79	4.79
14	5.04	5	4.78	4.78
15	5.03	5	4.77	4.77
16	5.72	5.72	5.67	5.67
17	5.86	5.86	5.84	5.84
18	5.89	5.89	5.88	5.88
19	5.9	5.89	5.89	5.9
20	5.9	5.9	5.9	5.9

Berdasarkan data nilai kekedapan air hasil interpolasi diperoleh bahwa nilai kekedapan air untuk beton geopolimer dengan campuran fly ash 15% memiliki kualitas nilai kekedapan air yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal dan dari segi agregat penyusunnya,

beton geopolimer lebih irit semen dari pada beton normal yang berarti beton geopolimer lebih ramah lingkungan dari pada beton normal.

#### D. Pendesainan Pembedat Terapung

##### 1. Perhitungan Void dalam Beton

Konsep awal pembuatan pembedat terapung yang terbuat dari beton ini adalah bagaimana caranya beton tersebut yang sifat dasarnya berat akan tetapi bisa mengapung dalam air. Seperti yang sudah kita pelajari pada saat kita masih duduk di bangku sekolah, rumus Archimedes dapat dijadikan pemecah masalah untuk persoalan ini yang mana beton bisa mengapung dalam air. Rumus massa jenis digunakan untuk menjadikan berat jenis beton agar kurang dari berat jenis air.

$BJ = W/V$ -silinder..... (4.1)  
 Dengan:  $BJ$  adalah berat jenis,  $W$  adalah berat dan  $V$  adalah volume.

Seperti yang sudah kita ketahui berat jenis air sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$  dan berat jenis beton  $2433.121 \text{ kg/m}^3$ . Massa dari beton diupayakan tidak berubah maka untuk memperkecil berat jenis beton adalah dengan memperbesar volumenya. Adapun data-data beton kedap air yang dipakai dalam pembuatan pembedat terapung adalah kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$  dan fas 0.35. Berat beton ( $W$ ) merupakan perhitungan rata-rata beton ( $W_1$ /berat oven) pada percobaan. Volume beton ( $V$ ) dengan ukuran sisi 10 cm dan tinggi 20 cm.

Dimana :

$W$  = berat beton (kg)

$W_a$  = berat awal beton pada hari ke-7 (kg)

W<sub>b</sub> = berat awal beton pada hari ke- 14 (kg)

W<sub>c</sub> = berat awal beton pada hari ke- 21 (kg)

W<sub>d</sub> = berat awal beton pada hari ke- 28 (kg)

W ≈ 3,82 kg.

$$V\text{-silinder} = 0.25 \pi \cdot d^2 \cdot t$$

$$= 0.25 \pi (0.1 \text{ m})^2 \cdot 0.2 \text{ m}$$

$$= 0.00157 \text{ m}^3$$

$$\text{BJ-beton} = W/V\text{silinder}$$

$$= 2433,121 \text{ kg/m}^3$$

Volume void yang diperlukan untuk menjadikan beton kedap air sebagai pemberat terapung adalah sebagai berikut :

$$\Delta V = V_2 - V_1 \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana :

V<sub>1</sub> = volume pada saat menggunakan BJ-beton = 1m<sup>3</sup>

V<sub>2</sub> = volume pada saat menggunakan BJ-pemberat terapung

ΔV = volume void.

Direncanakan :

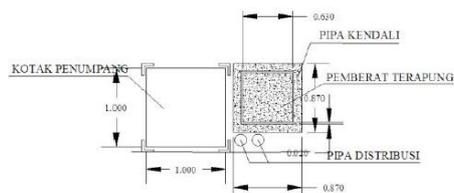
BJ-pemberat terapung= 900 kg/m<sup>3</sup>

$$V_2 = 2433,121/900 = 2,7035 \text{ m}^3$$

Volume void yang digunakan :

$$\Delta V = 1,7035 \text{ m}^3$$

## 2. Pendesainan Dimensi Pemberat Terapung



Gambar 4.6 Rancangan hidropower elevator

Perihal perencanaan hidropower elevator diambil dari perencanaan yang sudah disusun dalam laporan karya tulis ilmiah yang terdahulu. Data yang digunakan dalam perencanaan pemberat terapung adalah sebagai berikut :

Berat penumpang :

Dewasa = 80 kg

Remaja = 50 kg

Anak-anak = 20 kg

Total beban penumpang = 150 kg

Berat kotak penumpang = 50 kg

Total berat beban penumpang= 200 kg

Berat pemberat terapung minimum (W) = 220 kg

Dimensi kotak penumpang :

Lebar = 1 m

Panjang = 1 m

Tinggi = 2 m

Luas yang diperlukan dalam perencanaan sebuah hidropower elevator adalah 2 m x 1 m. Volume beton :

$$V\text{-beton} = W/\text{BJ-beton}$$

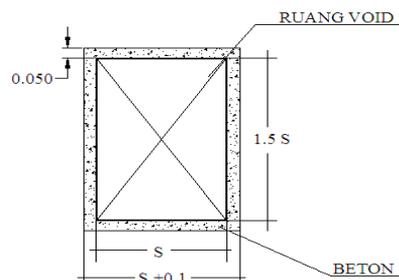
$$= 220 \text{ kg}/2433,121 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,09042 \text{ m}^3$$

$$V\text{-pemberat terapung} = 0,24444 \text{ m}^3$$

$$V\text{-void} = 0,154025 \text{ m}^3$$

Pemberat terapung didesain dalam bentuk kubus dengan sisi bawah berbentuk bujur sangkar dengan sisi bawah berbentuk bujur sangkar dengan tinggi 1,5 sisi. Untuk mendapatkan panjang sisi yang optimum maka digunakan persamaan kuadrat :



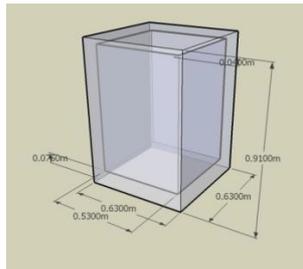
Gambar 4.7 Desain awal pemberat terapung

Maka didapat S = 0,53262 m

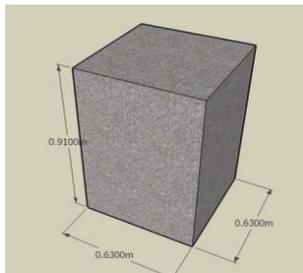
Untuk pekerjaan pembuatan pemberat terapung ukuran seperti di atas sangatlah sulit untuk diterapkan maka dibulatkan panjang sisinya sebesar 0,53 m.

Dimensi pemberat terapung awal :

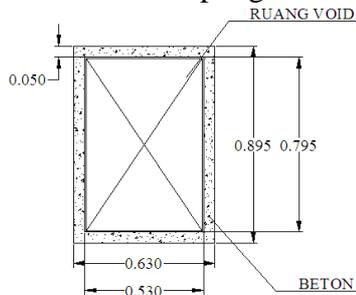
S-dalam = 0,53 m  
 T-dalam = 1,5 x 0,53 m = 0,795 m  
 S-luar = 0,63 m  
 T-luar = 0,895 m



Gambar 4.8 Gambar void bagian dalam beton



Gambar 4. 9 Desain pemberat terapung 3D



Gambar 4.10 Potongan desain pemberat terapung 1

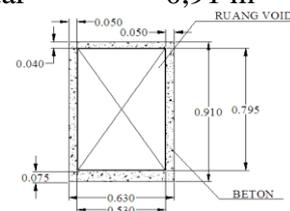
Kontrol berat jenis :

V=void = 0,2233155 m<sup>3</sup>  
 V-pemberat terapung= 0,3552255 m<sup>3</sup>  
 V-beton= 0,13191 m<sup>3</sup>  
 W<sub>beton</sub>= 320,953 kg  
 B<sub>j</sub>-aluminium= 2657,7 kg/m<sup>3</sup>  
 W-aluminium=V-aluminiumxB<sub>J</sub>-aluminium  
 = 5,972 kg

W-pemberat terapung= 326,925 kg  
 B<sub>J</sub>-pemberat terapung= 920,331 kg/m<sup>3</sup>  
 Syarat : B<sub>J</sub>-pemberat terapung < B<sub>J</sub>-air  
 920,331 kg/m<sup>3</sup> < 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 (OK)

Pada perencanaan dimensi awal semua tebal lapisan mempunyai tebal yang sama. Agar pemberat terapung mempunyai gaya tekan ke bawah maka bagian bawah pemberat terapung dipertebal lapisannya. Adapun gambar rencana pemberat terapung :

Ket: S-dalam = 0,53 m  
 T-dalam = 0,795 m  
 S-luar = 0,63 m  
 T-luar = 0,91 m



Gambar 4.11 Desain pemberat terapung

Kontrol berat jenis :

V-beton= V-pemberat terapung- V-void  
 =(0,63x0,63x0,91)-  
 (0,53x0,53x0,795)  
 = 0,1378635 m<sup>3</sup>  
 W-beton= 0,1378635 m<sup>3</sup> + 2433,121 kg/m<sup>3</sup>  
 = 335,4386 kg  
 W-pemberat terapung= W-beton + W-aluminium  
 = 335,4386 kg + 5,972 kg  
 = 341,41 kg  
 B<sub>J</sub>-pemberat terapung= W-beton/ W-pemberat terapung  
 = 335,4386 kg / 341,41 kg  
 = 945,263 kg/m<sup>3</sup> < B<sub>J</sub>-air  
 = 945,263 kg/m<sup>3</sup> < 1000 kg/m<sup>3</sup> (OK)

### 3. Pembuatan Pemberat Terapung

Cara pembuatan seperti pembuatan beton pada umumnya akan tetapi sebelum beton tersebut mengeras, dimasukkannya sebuah box yang terbuat dari bahan yang mempunyai berat ringan sehingga tidak mengganggu massa jenis beton yang lebih kecil dari massa jenis air.



Gambar 4.12 Pembuatan beton geopolimer

#### 4. Pengujian Pemberat Terapung

Adapun hasil dari pengujian pemberat terapung adalah sebagai berikut :

##### 1. Berat

Pengecekan ini dilakukan sebagai kontrol agar pemberat terapung harus lebih berat dari kotak penumpang. Berat pemberat terapung prototype :

$$V_{\text{beton}} = V_{\text{pemberat terapung}} - V_{\text{void}} \\ = (0,1575^2 \times 0,2275) - (0,1325^2 \times 0,19875) \\ = 0,00215 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{beton}} = 0,00215 \text{ m}^3 \times 2433,12 \text{ kg/m}^3 \\ = 5,2312 \text{ kg}$$

$$W_{\text{beton}} = W_{\text{pemberat terapung}} \\ = 5,277 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pemberat terapung prototype} = 5,2685 \text{ kg}$$



Gambar 4.13 Penimbangan beton geopolime

Dari gambar dapat dilihat berat prototype pemberat terapung sebesar 5,2685 kg sedangkan buat rencana

5,2312 kg. Maka berat yang diinginkan dapat dipakai.

##### 2. Mengapung

Sifat mengapung ini sangat dibutuhkan dalam mekanisme hidropower elevator.



Gambar 4.14 Uji terapung beton

##### 3. Stabil

Pengecekan kestabilan hanya ditujukan dalam analisa perhitungan yang telah dijelaskan diatas yakni pada desain kontrol pemberat terapung.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan:

1. Tabel mix design pembuatan beton geopolimer.
2. Beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* menghasilkan kekedapan air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekedapan air beton. Hasil rata kekedapan beton normal untuk rendaman 10+0,5 menit pada hari ke 7, 14, 21 dan 28 adalah berturut-turut 2%, 2,4% , 2,1% , dan 2,1% dari berat oven beton. Kekedapan rendaman beton normal selama 24 jam pada hari ke 7, 14, 21 dan 28 berturut-turut adalah 6,3% , 6,3% , 6% dan 5,9% berat oven beton. Sedangkan untuk kekedapan air beton geopolimer dengan variasi

*fly ash* 5%, 10%, 15% dan 20% yang memiliki nilai rata-rata kekedapan air yang rendah adalah variasi 15% dan mengalami penurunan kualitas resapan air pada campuran *fly ash* 20%. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa beton dengan 15% *fly ash* adalah campuran terbaik dengan nilai kekedapan air optimum.

### B. Saran

Ada beberapa saran terkait dengan hasil penelitian yang telah dilaksanakan sehingga penelitian tersebut benar-benar dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lain dengan menggunakan limbah selain *fly ash* seperti *microsilica*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi umur beton geopolimer dan suhu perawatan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut pengaruh hidrologis pada *hidropower elevator* terhadap ketahanan beton geopolimer.

### DAFTAR PUSTAKA

**Beton kedap air**

(Sumber: <http://www.migas-indonesia.com> (tanggal akses 22 Agustus 2015))

**Gedung Dilengkapi**

**Penjelasan.** Surabaya: itspress.

Giancoli, Douglas.1998. **Fisika**. Jakarta:

Erlangga.

Kadir, Abdul.2006. **Energi Ombak dan Arus Laut: Pertambahan Teknologi dan Kualitas Pekerjaan Bidang Kimpraswil.**

Lasino dan Andriati. 2003.

**Pengendalian Mutu**

Lukman, Lucky. **Kemantapan Benda Terapung.** Bandung: Penerbit ITB.

Maryono, Agus. 2002. **Hidrolika Terapan.** Jakarta: PT Pradnya Paramita.

**Pekerjaan Beton di Lapangan.**

Sosialisasi Penerapan NSPM Untuk Peningkatan

**Prospek,** Jurnal Teknologi dan Energi, vol 6.No 1 Januari:1-11

Radikal dan Aulia. **Hidropower Elevator Sebagai Media Transportasi Naik-Sipil-ITS** Surabaya.

SNI 03-2847-02. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan**

SNI 03-2914-90. **Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air.**

Subakti, Aman. 1995. *Teknologi Beton DalamPraktek.* Surabaya:Jurusan Teknik

Susanto. 2006, *Studi Tentang Beton Kedap Air yang Menggunakan Metode Kristalisasi dengan meninjau faktor Air Semen* (Sumber: [http://dewey.petra.ac.id/dgt\\_res\\_detail.php?knokat=4108](http://dewey.petra.ac.id/dgt_res_detail.php?knokat=4108) (tanggal akses 3 September 2014))

Tjokrodinuljo, Kardiyono. 1995. *Teknologi Beton.* Yogyakarta: UGM. *Turun Dengan Tenaga Air.* Surabaya.