

## PEMANFAATAN BATU "APE" DARI SUNGAI LUA KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BANGUNAN

Gerson Pongajow<sup>1)</sup> Iman Satyarno<sup>2)</sup> Kardiyono Tjokrodimuljo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dinas SDA Sulawesi Utara – Jl. TNI Tikala Manado

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

### ABSTRACT

*Talaud Archipelago Sub-Province is one of the Sub-Provinces in North Sulawesi Province, the growing result of Sangihe and Talaud Archipelago Sub-Province in 2002. This growth followed by the development in all fields, including the infrastructure development which is based stone from outside of the island. This research is done to explore the local potential and also to test laboratory that the local stone can be used as alternative construction materials.*

*In this study, there are 85 stone cube which are used to test it's strength. Each variant of test is 5 stone and the factor will be given to the stone is the temperature which is 200<sup>0</sup>C, 400<sup>0</sup>C, 600<sup>0</sup>C and 800<sup>0</sup>C in 15, 30, 60 and 120 minutes. And then follow by checking the rout aggregate nature. Next step is to make concrete which is made by the mix of the aggregate of "Ape" stone and the sand from River Lua Talaud Archipelago and also concrete which is used the mix of the "Ape" stone aggregate and the sand from mount Merapi in Yogyakarta.*

*The result shows that the heat of "Ape" stone can increase the strength of the stone. In the beginning, the strngth is 6,052 MPa., and then maximum increase until 37,43 MPa., after been heated in 400<sup>0</sup>C temperature for 120 minutes. The aggregate of the "Ape" stone which is been heated includes the lightweight aggregate which can be used directly as an alternative of Red Stone. Concrete as the mix of the "Ape" stone which is heated before, and the sand from Lua River with fas of value 0,5 and 410 kg/m<sup>3</sup> cement weight. the weight of ratio concrete 2, 04 kg/dm<sup>3</sup> and strength 12, 88 MPa, and also concrete which is mix by the "Ape" stone and the merapi mount sand with fas of value 0,5 and 410 kg/m<sup>3</sup> cement weight, the weight of ratio concrete 2,12 kg/dm<sup>3</sup> and strength 15,79 MPa. Result, the concrete is the lightweight concrete with the B<sub>0</sub> and B<sub>1</sub> class. So the conclusion is the "Ape" stone, can be use as an alternative of construction material.*

*Keywords: Natural Stone, Concrete strength, Alternative of Conctruction Materials*

### PENGANTAR

#### Latar Belakang

Pemekaran Kabupaten Talaud diiringi dengan pembangunan disegala bidang termasuk pembangunan konstruksi yang menggunakan batu alam. Dari data yang dikumpulkan pada proyek pembangunan jalan dan jembatan, proyek rehabilitasi jalan dan jembatan dan proyek irigasi Talaud untuk tahun 2007, menggunakan batu alam yang didatangkan dari luar kabupaten kepulauan Talaud.

Kabupaten Kepulauan Talaud khususnya Pulau Karakelang banyak terdapat batu alam yang disebut dengan batu "Ape (tanah yang mengeras)". Apabila diamati dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Apabila dibiarkan dalam kondisi terendam air, permukaannya menjadi licin.
2. Apabila diletakkan dan dibiarkan dikondisi alam terbuka, tidak ada pengaruh air, lama kelamaan permukaan batuan akan terlihat berdebu dan lepas.
3. Berdasarkan pengalaman apabila batu ini terbungkus dengan mortar dan tidak bereaksi dengan udara, batu ini akan tetap awet.
4. Pada penelitian pendahuluan diketahui apabila dipanaskan akan terjadi perubahan warna dari keabu-abuan menjadi merah, kuat tekan batuan meningkat, batuan kelihatan lebih kompak.

5. Bahan batu "Ape" banyak tersebar disepanjang sungai yang ada di Kabupaten Talaud khususnya pulau Karakelang.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman dan acuan bagi berbagai pihak yang akan menggunakan batu ape alam lokal sebagai bahan bangunan alternatif di Kabupaten Talaud khususnya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan

- Batu "Ape" untuk buat kubus batu
- Agregat kasar ukuran maksimum 40 mm.
- Pasir asal Sungai Lua Desa Resduk Kecamatan Beo Kabupaten Kepulauan Talaud.
- Pasir asal Sungai Boyong dilereng Gunung Merapi.
- Semen portland composite merk dagang Tiga Roda.
- Air diambil dari saluran air bersih di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

### Benda uji

- Kubus batu, 5cm X 5cm X 5cm, variasi perlakuan seperti pada Tabel 1.
- Silinder beton, jumlah silinder beton 10 buah, 5 buah silinder menggunakan pasir asal Sungai Lua dan 5 buah silinder menggunakan pasir Sungai Boyong dari lereng Gunung Merapi.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini

terdiri dari Mesin pemotong batu, Oven, Tungku bakar, Termo Cuople, Burner, Satu set saringan (sieves), Timbangan, Mesin Los Angeles, Cetakan silinder beton ukuran diameter = 150 mm, tinggi = 300 mm, Gelas ukur, Mesin aduk beton, Tabung kerucut dan alas rata yang kedap air, Kerucut Abram, Gelas ukur, dan Mesin uji tekan beton (*Universal Testing Machine / UTM*).

### Tahapan Pelaksanaan Penelitian

- Tahapan persiapan, Tahap pengujian batuan.
- Tahap pemeriksaan bahan campuran beton  
Pemeriksaan ini dilakukan untuk agregat halus dan agregat kasar ukuran maksimum  $\varnothing$  40 mm.
  - Pemeriksaan agregat kasar dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi sebelum dipanasi dan kondisi setelah dipanasi.
  - Pemeriksaan agregat halus, meliputi gradasi agregat, berat satuan, berat jenis, pengujian keausan, serapan air, kandungan lumpur. Pemeriksaan ini dilakukan pada dua jenis pasir yaitu pasir Sungai Lua dan pasir Sungai Boyong dari lereng gunung merapi.
- Tahap Perencanaan Campuran, Perawatan dan Pengujian Kuat Tekan Beton.
  - Perencanaan campuran beton, dilakukan menggunakan perbandingan berat berdasarkan tata cara perancangan campuran beton normal (SNI 03-2834-1993) sebagai data awal yaitu: faktor air semen 0.5, nilai slump antara 60 - 120 cm, jenis semen Portland komposit.
  - Pemeriksaan slump beton dilakukan setelah beton segar selesai diaduk.
  - Pencetakan dan perawatan benda uji dilakukan menurut prosedur yang ditentukan

Tabel 1. Variasi perlakuan benda uji batu

| Kode | Waktu Pemanasan | Suhu Pemanasan |      |      |       | Jumlah |
|------|-----------------|----------------|------|------|-------|--------|
|      |                 | 400°           | 600° | 800° | 1000° |        |
| A.0  |                 | 5              |      |      |       | 5      |
| A.1  | 15 menit        | 5              | 5    | 5    | 5     | 20     |
| A.2  | 30 menit        | 5              | 5    | 5    | 5     | 20     |
| A.3  | 60 menit        | 5              | 5    | 5    | 5     | 20     |
| A.4  | 120 menit       | 5              | 5    | 5    | 5     | 20     |

dalam SNI-03- 4810-1998 sebagai berikut:

- d. Perawatan (*curing*), dengan merendam beton dalam air sampai usia 28 hari
- e. Pengujian kuat tekan beton, dilakukan setelah beton sekurang-kurangnya berumur 28 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Batu "Ape" Alam

Hasil penelitian agregat kasar yaitu seperti pada Tabel.2.

Hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa agregat ini dikategorikan sebagai agregat ringan.

### Gradasi agregat kasar.

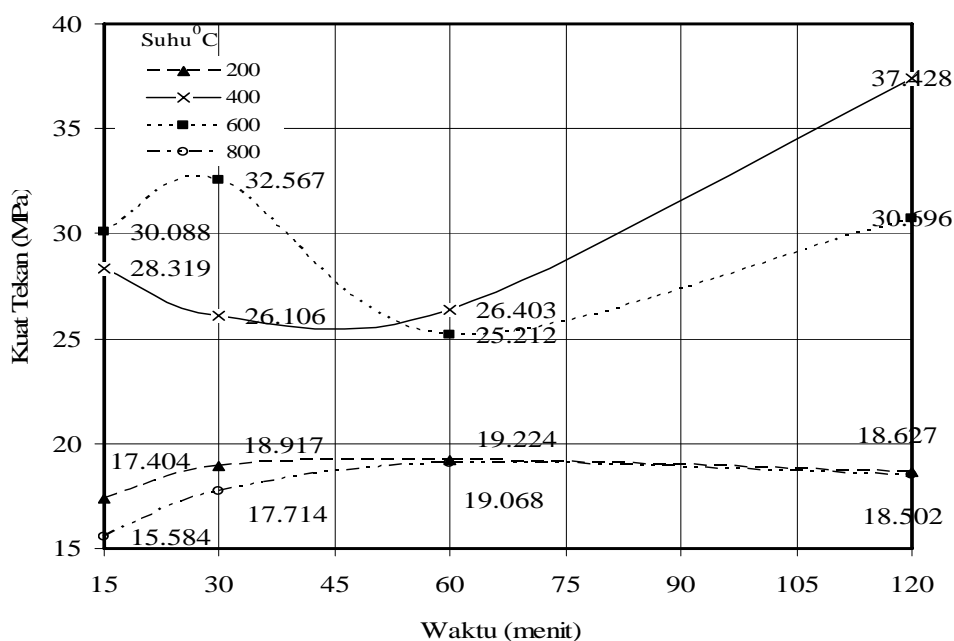
Hasil pemeriksaan agregat kasar mendapatkan modulus halus butir (mhb) sebesar 7,328.

### Kuat tekan batu "Ape" Akibat Pengaruh Suhu Pemanasan

Kuat tekan batu mula-mula rerata sebesar 6,052 MPa, Setelah dilakukan proses pemanasan dan pengujian, kuat tekan tertinggi batu "Ape" pada keseluruhan variasi suhu dan lama pemanasan dicapai pada suhu 400°C selama 120 menit, yaitu sebesar 37,428 MPa.

Tabel 2. Perbandingan hasil pemeriksaan agregat

| Pemeriksaan       | Satuan             | Batu pecah asal Sungai Lua |                |               |                  |
|-------------------|--------------------|----------------------------|----------------|---------------|------------------|
|                   |                    | Dipanasi                   | Tidak dipanasi | Tjokrodimuljo | SNI 03-2461-2002 |
| Berat jenis       | gr/cm <sup>3</sup> | 1.7744                     | 1.8477         | 2,5 – 2,7     | 1,0 – 1,8        |
| Berat satuan      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.1423                     | 1.2551         | 1,5 – 1,8     | < 1,4            |
| Serapan air       | %                  | 15.1749                    | 14.7068        | 3             | < 20             |
| Mhb               |                    | 2.328                      |                |               |                  |
| Ketahanan aus     | %                  | 80.7                       | 86.1           |               |                  |
| Kekerasan agregat | %                  | 34                         |                |               |                  |



Gambar. 1. Pengaruh suhu dan lama pemanasan terhadap kuat tekan batuan

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa (lihat Gambar 1):

- 1) Pada suhu 200<sup>0</sup>C. kuat tekan rerata tertinggi sebesar 19,22 MPa terjadi pada lama pemanasan 60 menit atau mengalami peningkatan sebesar 318% dari kuat tekan batu mula-mula..
- 2) Pada suhu 400<sup>0</sup>C kuat tekan rerata maksimum mencapai sebesar 37,43 MPa selama pemanasan 120 menit atau terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 618% dari kuat tekan batu mula-mula, meskipun sebelumnya mengalami penurunan kuat tekan batu yang terjadi pada waktu 30 dan 60 menit pemanasan
- 3) Pada suhu pemanasan 600<sup>0</sup>C kuat tekan tertinggi sebesar 32,57 Mpa peningkatan sebesar 538 % dari kuat tekan batu mula-mula yang terjadi pada waktu optimum 30 menit pemanasan. Kecenderungan yang timbul pada suhu ini, setelah waktu 30 menit kuat tekan batuan akan menurun meskipun waktu pemanasan ditambah.
- 4) Pada suhu 800<sup>0</sup>C kuat tekan tetap mengalami peningkatan dari kuat tekan mula-mula sebesar 19,07 MPa atau 315 % terjadi pada lama pemanasan 60 menit.

Hasil pengujian batu memperlihatkan, faktor pemanasan sangat mempengaruhi kuat tekan batu "Ape". Variasi suhu pemanasan akan mengalami

peningkatan dan mencapai maksimum pada suhu antara 400<sup>0</sup> C dan 600<sup>0</sup> C dan selanjutnya akan menurun apabila suhu dinaikkan (lihat Gambar 1).

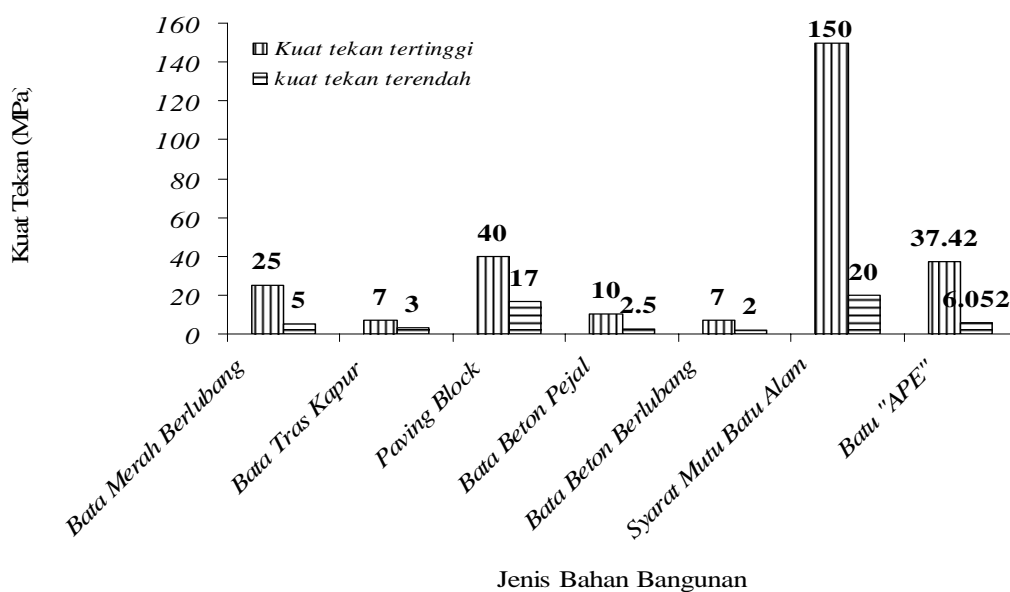
### Tinjauan Kuat Tekan Batu "Ape" Terhadap Berbagai Bahan Yang Lain

Syarat-syarat fisis bahan yang terdapat dalam spesifikasi bahan bangunan bagian A. (SNI 03-6861.1-2002) antara lain bata merah berlubang, bata tras kapur, paving block, bata beton pejal, batu beton berlubang serta syarat mutu batu alam. Apabila dibandingkan dengan kuat tekan bahan lain maka batu "Ape" memiliki kekuatan yang cukup baik (lihat Gambar. 2).

Mengacu pada kuat tekan syarat mutu batu alam yang ada pada spesifikasi bahan bangunan bagian A bahan bangunan bukan logam SNI 03-6861.1-2002 disimpulkan bahwa batu "Ape" dapat digunakan sebagai bahan bangunan untuk semua jenis penggunaan.

### Kuat Tekan Batu Untuk Aplikasi Pembuatan Beton.

Dasar acuan nilai kuat tekan batu "Ape", digunakan dalam pembuatan agregat kasar yaitu nilai kuat tekan batu tertinggi sebesar 37,428 MPa, yaitu yang dipanaskan pada suhu 400<sup>0</sup>C selama 120 menit.



Gambar 2. Perbandingan kuat tekan berbagai bahan bangunan.

### Sifat-Sifat Teknis Pasir Sungai Lua

Berat jenis kering sebesar  $2,27 \text{ gr/cm}^3$  dan berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) sebesar  $2,45 \text{ gr/cm}^3$ . Kandungan lumpur dalam pasir Sungai Lua sebesar 16.383 %. Hasil pemeriksaan daya serap air pasir 7,80%. Berat satuan pasir untuk gembur 1,476.

Hasil pemeriksaan ini dapat dinyatakan bahwa pasir Sungai Lua berat satuannya rendah. Agregat normal berat jenis antara 2,5 sampai 2,7. Jadi pasir Sungai Lua masuk kategori agregat ringan.

### Gradasi Pasir

Hasil pemeriksaan pasir mendapatkan modulus halus butir (mhb) pasir sebesar 1,608. (lihat Gambar 3). Hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa pasir Sungai Lua masuk dalam kategori pasir halus.

### Sifat-Sifat Teknis Pasir Merapi

Berat jenis kering sebesar 2,665, dan berat jenis kering permukaan (SSD) sebesar 2,719. Kadar lumpur pasir menunjukkan 3,42%. Daya

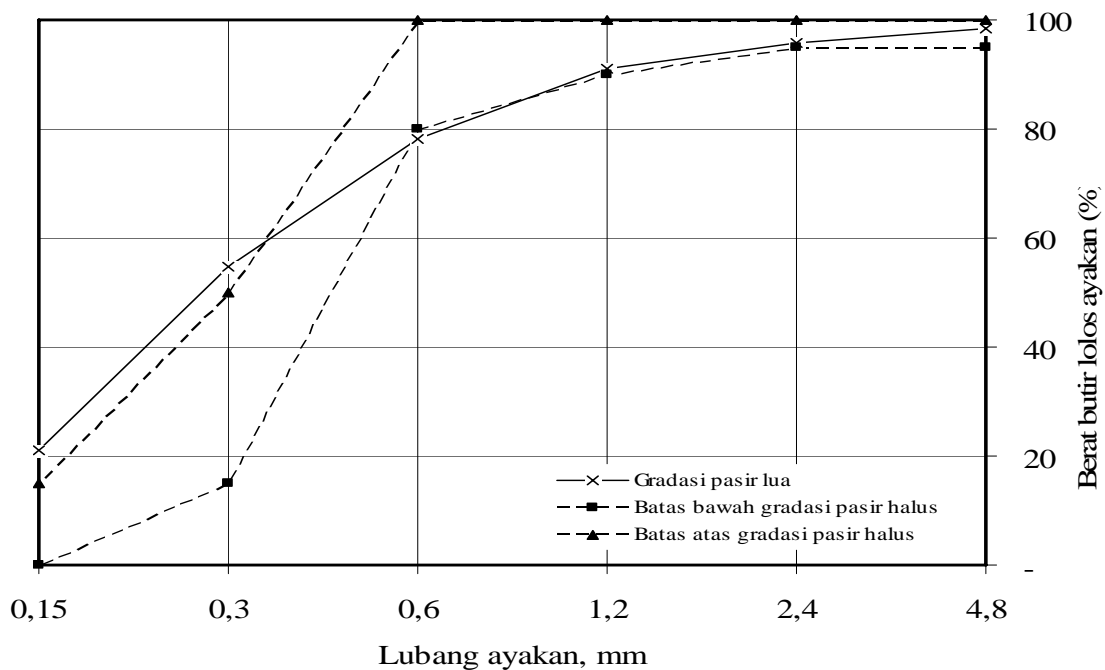
serap air pasir 2,439%. Berat satuan pasir untuk gembur 1,640 dan Berat satuan pasir dipadatkan 1,757. Modulus halus butir (mhb) pasir sebesar 2,848 (lihat Gambar 4).

### Agregat Campuran

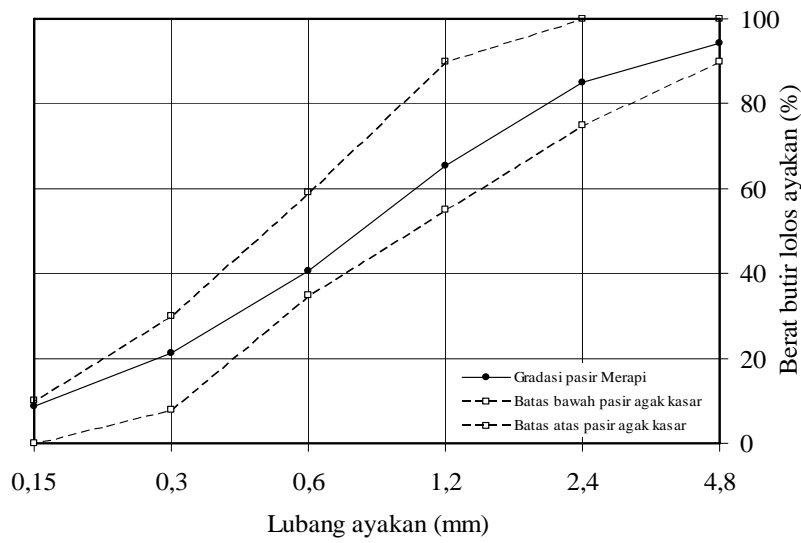
Perbandingan untuk kedua agregat campuran dibulatkan 30 % agregat halus dan 70 % agregat kasar. Hasil dari pencampuran agregat ini mendapatkan modulus halus butir (mhb) sebesar 5,6 untuk campuran batu "Ape" pecah, pasir Merapi dan 5,97 untuk batu pecah, pasir Sungai Lua (lihat Gambar 5 dan Gambar 6).

### Perbandingan Campuran Beton

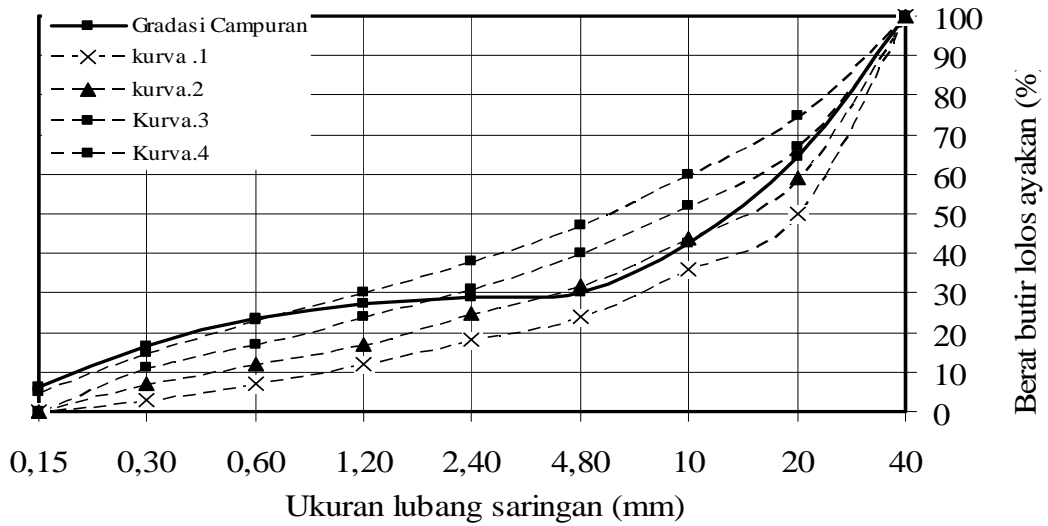
Perbandingan campuran menggunakan perbandingan berat. Perbandingan campuran beton yang digunakan pada campuran beton batu pecah dan pasir Sungai Lua dan beton yang menggunakan batu pecah Sungai Lua dan pasir Merapi, perbandingan yang sama yaitu : 1 kg semen, 1,306 kg pasir, 3,048 kg batu pecah dan: 0,5 liter air.



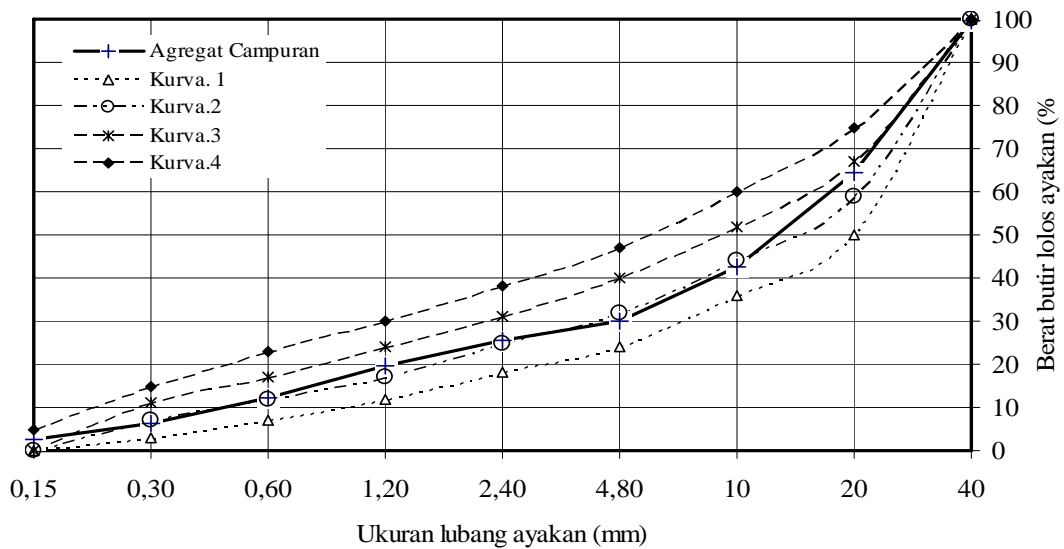
Gambar. 3. Grafik penyebaran pasir Sungai Lua



Gambar. 4. Gradasi penyebaran pasir Merapi



Gambar.5 Gradasi penyebaran agregat campuran batu pecah dan pasir Sungai Lua



Gambar. 6 Gradasi penyebaran agregat campuran batu pecah Sungai Lua dan Pasir Merapi

## Sifat-Sifat Teknis Beton

### Nilai slump

Dari benda uji beton segar yang diuji slump-nya 2 cm untuk beton yang menggunakan pasir Sungai Lua dan 6,8 cm untuk beton yang menggunakan pasir Merapi.

### Keleccakan Campuran Beton

Hasil pengujian slump yang dilakukan ternyata tingkat keleccakan beton segar yang menggunakan pasir Sungai Lua sangat kurang sehingga dalam pengerjaannya sangat sulit.

### Berat Jenis Beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis rerata beton  $2,0420 \text{ kg/dm}^3$  untuk beton yang menggunakan pasir Sungai Lua, dan  $2,1245 \text{ kg/dm}^3$  untuk beton yang menggunakan pasir Merapi.

### Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan rerata sebesar 12,880 MPa untuk beton yang menggunakan pasir Sungai Lua dan beton yang memakai pasir Merapi sebesar 15,786 MPa.

### Kebutuhan Semen Per $\text{M}^3$ Beton.

Jumlah pemakaian semen per meter kubik diambil berdasarkan hasil pengujian berat beton, didapat kebutuhan semen per  $\text{m}^3$  beton. Kebutuhan yang digunakan dalam campuran beton menggunakan agregat batu "Ape" pecah dan pasir Sungai Lua dan campuran beton menggunakan agregat batu "Ape" pecah asal Sungai Lua dan pasir Merapi adalah  $410 \text{ kg/m}^3$ .

### Tinjauan Hubungan Kuat Tekan, Jumlah Semen, Fas Dan Slump Hasil Penelitian.

Ditinjau dari hubungan antara nilai kuat tekan beton, fas, slump dan jumlah semen dapat disimpulkan bahwa beton yang dibuat dari campuran batu "Ape" pecah dengan pasir Merapi dan beton yang dibuat dari campuran batu "Ape" pecah dengan pasir Sungai Lua, mempunyai slump lebih rendah (sulit dikerjakan) dan kuat tekan lebih rendah dari pada yang tergambar dalam buku Teknologi Beton (Tjokrodinuljo, 2004)

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, selanjutnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemanasan sangat mempengaruhi kuat tekan batu "Ape". Setelah dilakukan pemanasan batu "Ape" mengalami perubahan fisik menjadi lebih kompak.
2. Kuat tekan batu pada kondisi sebelum pemanasan sebesar 6.052 MPa, setelah dilakukan pemanasan sebesar 37.428 MPa, terjadi peningkatan sebesar 618 %. terjadi pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama pemanasan 120 menit.
3. Batu "Ape" dapat digunakan langsung sebagai bahan bangunan bata dengan cara dipotong sesuai dengan ukuran bata.
4. Batu "Ape" setelah dipanaskan mencapai suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 120 menit, layak digunakan untuk beton dengan kuat tekan sampai dengan 10 Mpa, atau beton kelas  $\text{B}_0$  dan  $\text{B}_1$
5. Batu "Ape" dan pasir dari Sungai Lua Desa Resduk Kecamatan Beo Kabupaten Kepulauan Talaud, dapat dikategorikan agregat ringan.
6. Beton yang dibuat dari agregat batu "Ape" pecah dapat dikategorikan dalam beton ringan dan cocok untuk struktur ringan.

## SARAN

Keputusan untuk menggunakan batu "Ape" alam asal Sungai Lua Desa Resduk Kecamatan Beo Kabupaten Kepulauan Talaud menjadi bahan bangunan alternatif sebelum digunakan disarankan untuk :

1. Dilanjutkan dengan suatu penelitian, terutama pada proses dan cara pemanasan batu, hal ini untuk lebih meyakinkan akan kuat tekan batuan secara optimal.
2. Langsung dimanfaatkan menjadi bahan bangunan pengganti bata, tetapi sebelum digunakan harus melalui proses pemanasan batu terlebih dahulu.
3. Apabila akan digunakan dalam pembuatan beton, perlu dilakukan penelitian mineral dan kimia batuan untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat dalam batuan, agar tidak mempengaruhi atau merusak beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri.S, 2005., *Teknologi Beton A-Z*, UI- Pres, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepulauan Talaud, 2006., *Talaud Dalam Angka Tahun 2006*.
- Dinas Sumber Daya Air Propinsi Sulawesi Utara, 2007., *Laporan Bulanan Kemajuan Proyek Bulan September Tahun 2007*.
- Dinas Prasarana dan Permukiman Propinsi Sulawesi Utara, 2007., *Laporan Bulanan Kemajuan Proyek Bulan September Tahun 2007*,
- Graha D.S, 1987., *Batuan dan Mineral*, Nova, Bandung.
- Indarto D, 2007 *Sifat-Sifat Beton Normal Dengan Pasir Asal Kali Pasir Dan Batu Pecah Asal Kanjen Tegal*, Tesis, S2 Teknologi Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kosasih D, 2007., *Pemanfaatan Batu Alam dari Sungai Kayangan sebagai Bahan Agregat Kasar untuk Pembuatan Beton Normal*, Tesis, S2 Teknologi Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Misdarpon D, 2006., *Pemanfaatan Batu Berangkal Kapur Limbah Industri Sebagai Agregat untuk Beton Non Pasir (Studi Kasus pada Berangkal Kapur Cipatat Ukuran 10-20mm)*, Tesis, S2 Teknologi Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mulyono T., 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta
- Neville A.M., *Properties of Concrete*, The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Nusanto., 2005, *Pemanfaatan Pasir Pantai Sebagai Bagian Agregat Halus Pada Beton Kedap Air dengan Agregat Batu Pecah ukuran maksimum 40 mm*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Poerwodiharjo F.E., 2005, *Kajian Kuat Tekan dan Kecedapan Air Pada Beton Dengan Menggunakan Pasir Sungai Serayu dan Batu Pecah Sungai Logawa di Daerah Purwokerto Banyumas*, Tesis, S2 Teknologi Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- PUBI, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Pekerjaan Umum, Bandung
- Satyarno I, 2004., *Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*, Proceeding Seminar Nasional, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- SNI 03- 2834-1993., *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- SNI 03-2461-2002., *Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- SNI 03-2493-2002., *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- SNI 03-6861.1.2002., *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Surdia T, & Saito.S., 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Suryaini B.N., 2002, *Pengaruh Jumlah Semen dan Faktor Air Semen Terhadap Nilai Slump dan Kuat Tekan pada Beton Dengan Agregat Alami ( Studi Kasus : Pada Faktor Air Semen 0.5 dan 0.52 Dengan Kerikil Ukuran Maximum 40 mm)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo K., 1987, *Hubungan Antara Umur dan Kuat Tekan Desak pada Beton dengan Bahan Batuan Sungai Krasak*, laporan Penelitian, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo K., 1992, *Bahan Bangunan*, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo K., 2004, *Teknologi Beton*, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo K, 2007, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Widjojo E.S, & Prabowo.B., 1977, *Ilmu Bahan Bangunan I*, Depertemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Menengah.