

**PENGGUNAAN BATU APUNG DARI KABUPATEN LEMBATA  
SEBAGAI AGREGAT RINGAN PENGGANTI SEBAGIAN  
AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN  
BETON NORMAL**

**Elia Hunggurami**<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Lecturer, Civil Engineering Department, University of Nusa Cendana  
e-mail: [eliahunggurami@yahoo.com](mailto:eliahunggurami@yahoo.com)

**Yosafat Sepriyanto Touselak**<sup>2)</sup>

<sup>2)</sup>Graduated student, Civil Engineering Department, University of Nusa Cendana  
e-mail: [chuayank.46@gmail.com](mailto:chuayank.46@gmail.com)

**Hj. A. Kumalawati**<sup>3)</sup>

<sup>3)</sup>Lecturer, Civil Engineering Department, University of Nusa Cendana

**ABSTRACT**

The district is an area with the greatest potential pumice in East Nusa Tenggara. Pumice limited usage and the potential availability of the shows that pumice has not been used optimally. Seeing its potential, then another attempt to capitalize on this pumice is used as an alternative to coarse aggregate in normal concrete mix. This will affect the quality of the concrete, so this study aims to determine the compressive strength and split tensile strength of concrete when coarse aggregate in concrete partially substituted by using a pumice stone. Specimens used were as many as 60 concrete cylindrical specimens with 30 MPa compressive strength plan. Pumice stone is used on concrete with substitution of the broken stone. Substitution percentage was 15%, 25%, and 50%. Concrete testing is given 3 different treatment that uses natural pumice stone, pumice stone after the coating as well as the addition of chemicals given in the form of sikafume and sikament Ln. Based on test results, the concrete with substitution levels of 15%, 25%, and 50% lower compressive strength, whereas when given some treatment increases the compressive strength.

**ABSTRAK**

Kabupaten Lembata merupakan daerah dengan potensi batu apung yang terbesar di Nusa Tenggara Timur. Pemakaian Batu Apung yang terbatas dan potensi ketersediaannya yang besar menunjukkan bahwa batu apung belum dimanfaatkan secara

optimal. Melihat potensinya, maka upaya lain untuk memanfaatkan batu apung ini adalah menggunakannya sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton normal. Hal ini akan mempengaruhi mutu dari beton, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan dan kuat tarik belah beton jika agregat kasar pada beton disubstitusikan sebagian dengan menggunakan batu apung. Benda uji yang digunakan adalah silinder beton sebanyak 60 benda uji dengan kuat tekan rencana 30 MPa. Batu Apung digunakan pada beton dengan substitusi terhadap batu pecah. Presentase substitusinya adalah 15%, 25%, dan 50%. Pengujian beton ini diberikan 3 perlakuan berbeda yaitu menggunakan batu apung alami, batu apung setelah di *coating* serta diberikan penambahan bahan kimia berupa sikafume dan sikament Ln. Berdasarkan hasil pengujian, beton dengan kadar substitusi 15%, 25%, dan 50% menurunkan kuat tekan, sedangkan ketika diberikan beberapa perlakuan meningkatkan kuat tekan.

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi beton, banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi. Salah satunya adalah beton ringan yang merupakan beton dengan menggunakan agregat ringan atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil (lebih ringan) daripada beton normal yang bertujuan untuk mengurangi berat sendiri dari struktur terhadap komponen struktur pendukungnya

Batu apung merupakan salah satu agregat ringan yang banyak terdapat di Propinsi Nusa Tenggara Timur. Namun, dengan pemakaian Batu Apung oleh masyarakat setempat yang masih terbatas, sedangkan ketersediaannya yang begitu besar menunjukkan bahwa batu apung belum dimanfaatkan secara optimal. Melihat potensinya, maka upaya lain untuk memanfaatkan batu apung ini adalah dengan menggunakannya sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton normal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa besar kuat tekan dan tarik belah yang dicapai beton, jika agregat kasar pada campuran beton tersebut disubstitusikan dengan batu apung.

## LANDASAN TEORI

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir dan batu kerikil atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperature, dan kondisi perawatan pengerasannya. (Dipohusodo, I. 1994)

Bahan dasar pembentuk beton terdiri dari semen Portland, agregat (agregat halus dan kasar) dan air. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15 – 2049 – 2004). Agregat halus merupakan bahan pengisi yang dipakai bersama bahan pengikat dan air untuk membentuk campuran yang padat dan keras. Agregat halus yang dimaksud adalah butiran – butiran mineral keras dengan besar butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm (Tjokrodimuldjo, 2007). Agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 6 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek – efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan – bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen. Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI 03 -2847 - 2002).

## **METODE PENELITIAN**

### **Material**

Batu apung berasal dari Desa Ile Kimok, Kecamatan Atadei, Kabupaten Lembata. Beberapa sifat fisik yang diperoleh dari pengujian batu apung adalah berat jenis sebesar 0,77 gr/cm<sup>3</sup> dan modulus halus butiran sebesar 7,05. Untuk mengurangi pori-pori batu apung yang berpengaruh pada sifat absorpsi air dan lemahnya ikatan

antara agregat dengan mortar pada *interface zone*, maka dilakukan perbaikan permukaan batu apung (*coating*) dengan menggunakan pasta semen. Bahan *coating* menggunakan air dan semen dengan perbandingan 1:1 dari berat semen. Bahan *coating* kemudian dicampur dengan batu apung kurang lebih selama 3 menit. Hasil campuran tersebut dikeringkan di suhu kamar selama kurang lebih 3 minggu agar semen tersebut mengeras sehingga tidak mempengaruhi faktor air semen. Pengujian absorpsi dilakukan untuk mengetahui perubahan permukaan berpori batu apung sebelum dan sesudah *coating* (Gambar 1). Hasil pengujian absorpsi sebelum *coating* sebesar 36,07% dan sesudah *coating* sebesar 11,85%.

Agregat halus yang dipakai adalah pasir alam yang berasal dari takari. Agregat kasar normal yang dipakai adalah batu pecah yang berasal dari takari dengan ukuran maksimal 30 mm. Semen yang dipakai adalah semen Portland Tipe I. Pengujian agregat halus dan kasar sesuai dengan standar SNI.



Gambar 1. Batu Apung Setelah *Coating* & Sebelum *Coating*

### Benda Uji

Mutu campuran beton direncanakan sebesar 30 MPa. Pada umur 28 hari dilakukan pengujian terhadap semua benda uji. Campuran beton ditambah dengan Sikafume dan Sikament Ln (Gambar 2) untuk mengatasi permasalahan workabilitas dan konsistensi jumlah air serta mengatasi lemahnya ikatan antara agregat dengan campuran. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dilakukan pada benda uji silinder beton berukuran 150 x 300 mm. Pengujian kuat tekan menggunakan alat *compressive testing machine* sesuai SNI 03 – 1974 – 1990. Pengujian kuat tarik belah menggunakan alat *split cylinder* sesuai SNI 03-2491-1991.



Gambar 2. Sikafume & Sikament Ln

## Pengujian Mutu Beton

### Kuat tekan

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Karena beton ini termasuk bahan yang sangat awet (ditinjau dari segi pemakaiannya), maka sebagai standar kuat tekan ditetapkan pada waktu beton berumur 28 hari (Asroni, 2010). Menurut PBI 1971, pada umur 28 hari kuat tekan beton telah mencapai 100%.

Kuat tekan beton yang diisyaratkan adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam *Mega Paskal* atau MPa (SNI 03 – 1974 – 1990).

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur.

Kuat tekan beton yaitu besarnya beban persatuan luas, yang dihitung dengan rumus :

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana :
- $f_c$  = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
  - $P$  = Beban maksimum (N)
  - $A$  = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

### Kuat tarik belah

Kuat tarik belah beton adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tarik belah dari silinder beton yang diletakan pada sisi panjangnya (SNI 03 – 2491 –

1991). Nilai kuat tekan dan tarik belah bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994 dalam Kasno,2006).

Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakan pada arah memanjang diatas penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*, diperhitungkan sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots (2)$$

- Dimana :
- ft = Kuat tarik belah (N/mm<sup>2</sup>)
  - P = Beban pada waktu belah (N)
  - L = Panjang benda uji silinder (mm)
  - D = Diameter benda uji silinder (mm)

**Berat jenis (*density*)**

Densitas merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (M) dengan volume (V). Rumus untuk menghitung besarnya densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (3)$$

- Dimana :
- ρ = densitas (kg/m<sup>3</sup>)
  - V = volume benda uji (m<sup>3</sup>)
  - M = massa benda uji (kg)

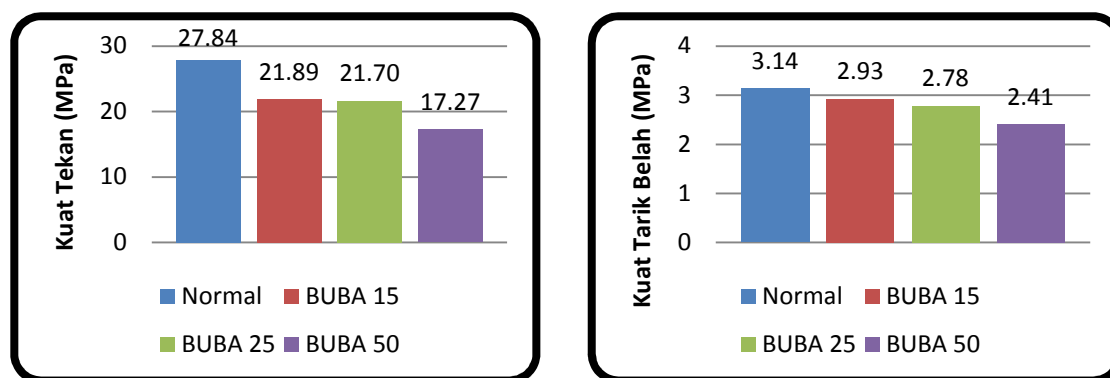
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton**

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada usia beton 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan % Substitusi Batu Apung

Kode Benda Uji	Prosentase (%)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata – Rata (MPa)
Normal	0	27,84	3,14
BUBA 15	15	21,89	2,93
BUBA 25	25	21,70	2,78
BUBA 50	50	17,27	2,41



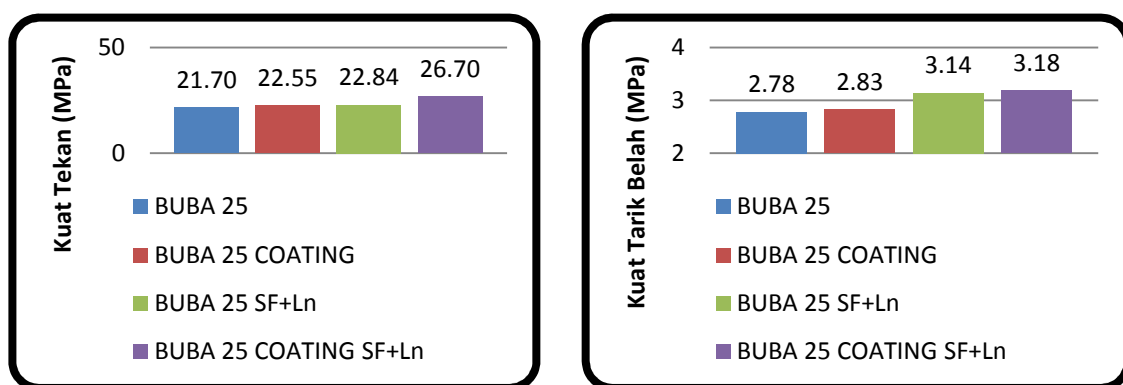
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan % Substitusi Batu Apung

Dari Tabel 1 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah benda uji beton hasil substitusi batu apung terhadap batu pecah bila dibandingkan dengan mutu kuat tekan benda uji beton normal (27,84 MPa dan 3,14 MPa) maka kuat tekan benda uji beton substitusi batu apung memberikan hasil sebagai berikut, untuk substitusi 15% kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 21,89 MPa dan 2,93 MPa (mengalami penurunan kekuatan sebesar 21,37% dan 6,69%), substitusi 25% kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 21,70 MPa dan 2,78 MPa (mengalami penurunan kekuatan sebesar 22,06% dan 11,47%), substitusi 50% kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 17,27 MPa dan 2,41 MPa (mengalami penurunan kekuatan sebesar 37,96% dan 23,25%). Hal ini disebabkan karena density batu apung yang kecil menyebabkan workabilitas campuran menjadi kurang baik yaitu batu apung cenderung untuk terpisah sehingga pemadatan yang dilakukan menyebabkan cenderung terjadi segregasi. Pengamatan lain karena permukaan batu apung yang berpori besar yang menyebabkan konsistensi jumlah air sulit dijaga.

Untuk mengatasi permasalahan workabilitas dan konsistensi jumlah air maka digunakan bahan tambah Sikament Ln. Sedangkan untuk mengatasi lemahnya ikatan antara agregat dengan campuran dilakukan dengan menambahkan bahan mineral berupa Sikafume. Kemudian untuk memperbaiki lubang pori pada batu apung dilakukan dengan melapisi (*coating*) batu apung tersebut dengan pasta semen. Hasil pengujian terhadap benda uji menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3, serta Gambar 4 dan Gambar 5 .

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Substitusi 25% dengan *Coating*, Sikament Ln dan Sikafume.

Kode Benda Uji	Prosentase (%)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata – Rata (MPa)	Prosentase Peningkatan Terhadap BUBA 25%		Prosentase Penurunan Terhadap Beton Normal	
				Tekan (%)	Tarik Belah (%)	Tekan (%)	Tarik Belah (%)
BUBA 25	25	21,70	2,78	0	0	22,06	11,47
BUBA 25 <i>coating</i>	25	22,55	2,83	3,92	1,80	19	9,87
BUBA 25 SF+Ln	25	22,84	3,14	5,25	12,95	17,96	0
BUBA 25 <i>coating</i> SF+Ln	25	26,70	3,18	23,04	14,39	4,09	1,27 (Naik)



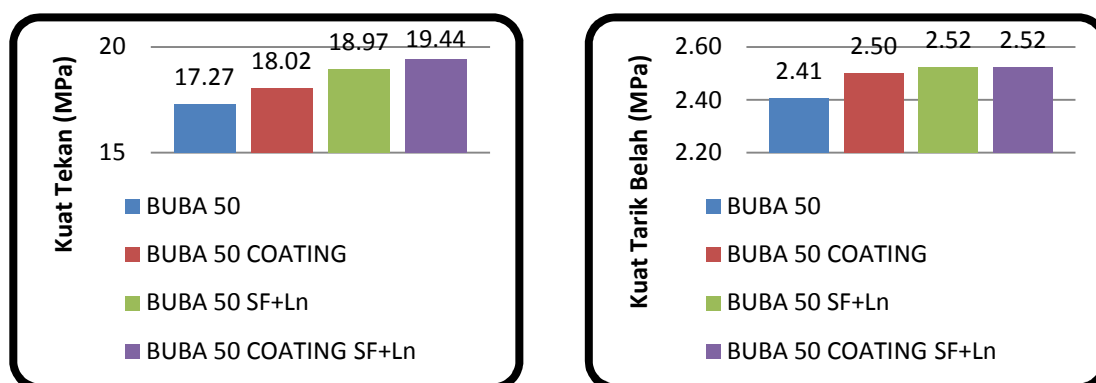
Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Substitusi 25% dengan *Coating*, Sikament Ln dan Sikafume.



Dari Tabel 2 dan Gambar 4, dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah benda uji beton substitusi 25% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) batu apung dengan pasta semen menghasilkan kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 3,92% dan 1,80% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 25% tanpa pelapisan lubang pori (*coating*) pada batu apung, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 19% dan 9,87%. Dan hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah benda uji beton substitusi 25% dengan penggunaan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 5,25% dan 12,95% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 25% tanpa menggunakan bahan tambah Sikafume dan Sikament Ln, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan sebesar 17,96% dan pada kuat tarik belah tidak terjadi penurunan atau peningkatan kekuatan. Apabila benda uji beton substitusi 25% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) di tambahkan dengan bahan tambah akan terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 23,04% dan 14,39% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 25% tanpa menggunakan pelapisan lubang pori (*coating*) dan bahan tambah, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan sebesar 4,09% dan pada kuat tarik belah mengalami peningkatan sebesar 1,27%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Substitusi 50% dengan *Coating*, Sikament Ln dan Sikafume.

Kode Benda Uji	Prosentase (%)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata – Rata (MPa)	Prosentase Peningkatan Terhadap BUBA 50%		Prosentase Penurunan Terhadap Beton Normal	
				Tekan (%)	Tarik Belah (%)	Tekan (%)	Tarik Belah (%)
BUBA 50	50	17,27	2,41	0	0	37,96	23,25
BUBA 50 <i>coating</i>	50	18,02	2,50	4,34	3,73	35,27	20,38
BUBA 50 SF+Ln	50	18,97	2,52	9,84	4,56	31,86	19,75
BUBA 50 <i>coating</i> SF+Ln	50	19,44	2,52	12,57	4,56	30,17	19,75



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Substitusi 50% dengan *Coating*, Sikament Ln dan Sikafume.

Dari Tabel 3 dan Gambar 5, dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah benda uji beton substitusi 50% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) batu apung dengan pasta semen menghasilkan kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 4,34% dan 3,73% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 50% tanpa pelapisan lubang pori (*coating*) pada batu apung, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 35,27% dan 20,38%. Dan hasil pengujian kuat tekan dan tarik belah benda uji beton substitusi 50% dengan penggunaan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 9,84% dan 4,56% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 50% tanpa menggunakan bahan tambah Sikafume dan Sikament Ln, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 31,86% dan 19,75%. Apabila benda uji beton substitusi 50% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) ditambahkan dengan bahan tambah Sikafume dan Sikament Ln akan terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 12,57% dan 4,56% dibandingkan dengan benda uji beton substitusi 50% tanpa menggunakan pelapisan lubang pori (*coating*) dan bahan tambah Sikafume dan Sikament Ln, namun jika dibandingkan dengan benda uji beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan tarik belah sebesar 30,17% dan 19,75%.

### Berat Jenis (*Density*) Beton

Semakin bertambahnya kadar substitusi batu apung, maka berat jenis beton mengalami penurunan. Jika beton hasil substitusi batu apung dibandingkan dengan

beton normal, maka akan memberikan hasil sebagai berikut, untuk kadar substitusi 15% menyebabkan penurunan berat jenis beton sebesar 10,90%, untuk kadar substitusi 25% menyebabkan penurunan berat jenis beton sebesar 24,44%, untuk substitusi 50% menyebabkan penurunan berat jenis beton sebesar 32,53%. Sedangkan akibat pelapisan lubang pori (*coating*) dan penambahan bahan tambah Sikafume dan Sikament Ln relatif tidak berpengaruh terhadap penurunan berat jenis beton.

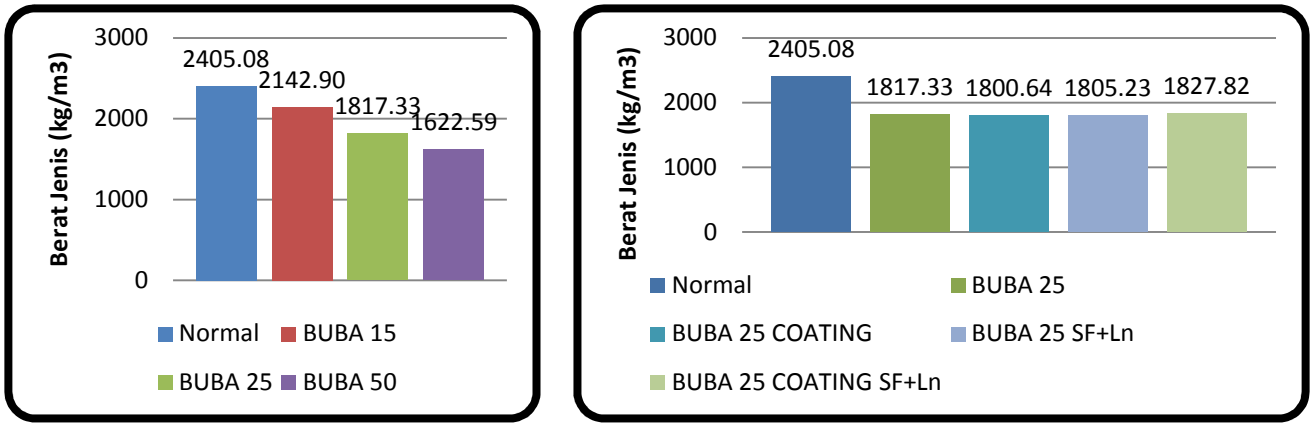
Hasil pengujian Pengujian berat jenis beton pada masing-masing benda uji diperlihatkan berturut-turut pada Tabel 4 dan Tabel 5 serta Gambar 6 dan Gambar 7.

Tabel 4. Berat Jenis Beton dengan Variabel % Kadar Batu Apung

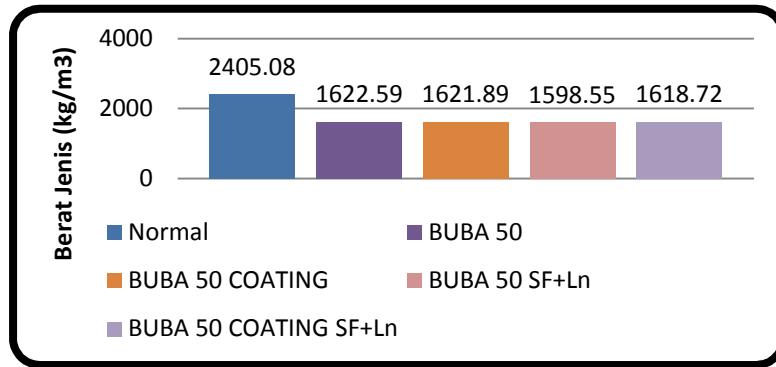
Kode Benda Uji	Prosentase (%)	Density Rata – Rata (Kg/m <sup>3</sup> )	Prosentase Penurunan Density Terhadap Beton Normal (%)
Normal	0	2405.08	0
BUBA 15	15	2142.90	10,90
BUBA 25	25	1817.33	24,44
BUBA 50	50	1622.59	32,53

Tabel 5. Berat Jenis Beton dengan Variabel % Batu Apung dengan *Coating*, Sikafume, dan Sikament Ln

Bahan Substitusi	Prosentase (%)	Density Rata – Rata (Kg/m <sup>3</sup> )	Prosentase Penurunan Density Terhadap Beton Normal (%)
BUBA 25 <i>coating</i>	25	1800.64	25,13
BUBA 25 SF+Ln	25	1805.23	24,94
BUBA 25 <i>coating</i> SF+Ln	25	1827.82	24
BUBA 50 <i>coating</i>	50	1621.89	32,56
BUBA 50 SF+Ln	50	1598.55	33,53
BUBA 50 <i>coating</i> SF+Ln	50	1618.72	32,69



Gambar 6 Grafik Perbandingan Berat Jenis Beton Normal dengan Beton Substitusi Batu Apung dan Perbandingan Berat Jenis Beton Normal dengan Beton Substitusi 25% Batu Apung, *Coating*, Sikafume, dan Sikament Ln



Gambar 7. Grafik Perbandingan Berat Jenis Beton Normal dengan Beton Substitusi 50% Batu Apung, *Coating*, Sikafume, dan Sikament Ln

## Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Rerata Beton Normal Dengan Beton Substitusi Batu Apung

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan beton, hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Rerata Beton

Kode Benda Uji	Presentase (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Hubungan	
				Rumus	Presentase
Normal	0	27,84	3,14	$f_t = \frac{1}{8,87} f_c$	11,27% $f_c$
BUBA 15	15	21,89	2,93	$f_t = \frac{1}{7,48} f_c$	13,36% $f_c$
BUBA 25	25	21,70	2,78	$f_t = \frac{1}{7,80} f_c$	12,83% $f_c$
BUBA 50	50	17,27	2,41	$f_t = \frac{1}{7,18} f_c$	13,93% $f_c$
BUBA 25 <i>coating</i>	25	22,55	2,83	$f_t = \frac{1}{7,97} f_c$	12,55% $f_c$
BUBA 50 <i>coating</i>	50	18,02	2,50	$f_t = \frac{1}{7,21} f_c$	13,87% $f_c$
BUBA 25 SF+Ln	25	22,84	3,14	$f_t = \frac{1}{7,28} f_c$	13,74% $f_c$
BUBA 50 SF+Ln	50	18,97	2,52	$f_t = \frac{1}{7,51} f_c$	13,31% $f_c$
BUBA 25 <i>coating</i> SF+Ln	25	26,70	3,18	$f_t = \frac{1}{8,39} f_c$	11,93% $f_c$
BUBA 50 <i>coating</i> SF+Ln	50	19,44	2,52	$f_t = \frac{1}{7,70} f_c$	12,99% $f_c$

Dari Tabel 6, kisaran kekuatan tarik belah beton berada pada interval 11% - 13% terhadap kuat tekan, maka dengan demikian kuat tarik belah beton hasil pengujian masih berada dalam interval kuat tarik belah beton teoritis yaitu 9% - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994 dalam Kasno,2006).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh kadar substitusi batu apung terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton adalah substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 0%, 15%, 25%, dan 50%, secara berturut – turut menghasilkan kuat tekan sebesar 27,84 MPa, 21,89 MPa, 21,70 MPa, dan 17,27 MPa. Terjadi penurunan kekuatan tekan terhadap beton normal sebesar 21,37%, 22,06%, dan 37,96%. Hal yang sama pun terjadi pada pengujian kuat tarik belah yang secara berturut-turut menghasilkan kekuatan sebesar 3,14 MPa, 2,93 MPa, 2,78 MPa, dan 2,41 MPa. Terjadi penurunan kekuatan terhadap beton normal sebesar 6,69%, 11,47%, dan 23,25%.
2. Pengaruh perbaikan permukaan batu apung (*coating*) menggunakan pasta semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:
  - a. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 25% dengan pelapisan lubang pori batu apung (*coating*) menggunakan semen pasta menghasilkan kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 22,55 MPa dan 2,83 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 3,92% dan 1,80% bila dibandingkan dengan beton substitusi 25% tanpa pelapisan lubang pori pada batu apung (*coating*). Namun bila dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 19% dan 9,87%.
  - b. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 50% dengan pelapisan lubang pori batu apung (*coating*) menggunakan semen pasta menghasilkan kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 18,02 MPa dan 2,50 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 4,34% dan 3,73% bila dibandingkan dengan beton substitusi 50% tanpa pelapisan lubang pori pada batu apung (*coating*). Namun bila dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 35,27% dan 20,38%.
3. Pengaruh batu apung dengan penambahan bahan tambah terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:
  - a. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 25% dengan penggunaan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 22,84 MPa dan 3,14 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 5,25% dan 12,95% dibandingkan dengan beton substitusi 25% tanpa menggunakan bahan tambah. Namun jika dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan

- sebesar 17,96% dan pada kuat tarik belah tidak terjadi penurunan atau peningkatan kekuatan.
- b. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 50% dengan penggunaan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kekuatan tekan dan tarik belah sebesar 18,97 MPa dan 2,52 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 9,84% dan 4,56% dibandingkan dengan beton substitusi 50% tanpa menggunakan bahan tambah. Namun jika dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 31,86% dan 19,75%.
4. Pengaruh perbaikan permukaan batu apung (*coating*) menggunakan pasta semen dan penambahan bahan tambah terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:
- a. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 25% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) serta ditambahkan dengan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kekuatan sebesar 26,70 MPa dan 3,18 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 23,04% dan 14,39% dibandingkan dengan beton substitusi 25% tanpa menggunakan pelapisan lubang pori (*coating*) dan bahan tambah. Namun jika dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan sebesar 4,09% dan pada kuat tarik belah mengalami peningkatan sebesar 1,27%.
  - b. Substitusi batu apung terhadap batu pecah dengan kadar 50% dengan pelapisan lubang pori (*coating*) ditambahkan dengan bahan tambah berupa Sikafume dan Sikament Ln menghasilkan kekuatan sebesar 19,44 MPa dan 2,52 MPa. Terjadi kenaikan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 12,57% dan 4,56% dibandingkan dengan beton substitusi 50% tanpa menggunakan pelapisan lubang pori (*coating*) dan bahan tambah. Namun jika dibandingkan dengan beton normal terjadi penurunan kuat tekan dan kuat tarik belah sebesar 30,17% dan 19,75%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1991). Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03 – 2491 – 1991). Bandung: Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan.

- Anonim. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03 – 1974 – 1990)*. Bandung: Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan.
- Anonim. (2004). *Metode Pengujian Semen portland (SNI 15 – 2049 – 2004)*. Bandung: Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan.
- Anonim. 2012. *Potensi Batu Apung di Nusa Tenggara Timur*. <http://regionalinvestment.bkpm.go.id>. Diakses tanggal 02 Maret 2012.
- Anonim. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 2847 – 2002)*. Bandung: Yayasan Pendidikan Masalah Bangunan.
- Asroni, A. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dipohusodo, I. 1994. **Struktur Beton Bertulang**. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Nawy, G. Edward. (1998). *Beton Bertulang*. Bandung: PT Rafika Aditama.
- Tjokrodimuljo, K. (2007). **Teknologi Beton**. Yogyakarta: Penerbit Nafiri.