

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN LIMBAH BIJI KARET SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON RINGAN KOMBINASI PASIR TANJUNG RAJA DAN *SIKAMENT-LN*

Opink Lindy Alresta

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumareta Selatan
Email: Opinkponk@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan bahan material yang memanfaatkan limbah cukup mendapatkan perhatian saat ini. Biji karet merupakan limbah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti agregat kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton ringan biji karet yang meliputi berat volume dan kuat tekan. Penelitian ini secara keseluruhan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Benda uji beton dibuat sebanyak 63 buah yang meliputi 27 buah sampel beton biji karet, 27 buah sampel beton biji karet+Sikament-LN dan 9 buah beton normal menggunakan koral ayak, benda uji berbentuk kubus dengan dimensi 15x15x15cm dan 6 buah sampel mortar. Pada penelitian ini menggunakan bahan *superplasticizer* berupa Sikament-LN diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton, sedangkan beton koral ayak dibuat sebagai pembanding beton biji karet baik kuat tekan maupun berat volume. Pada penelitian ini, diperoleh nilai beton ringan biji karet meliputi nilai berat volume dan kuat tekan pada umur pengujian 28 untuk 25% didapatkan hasil uji 1818,57 kg/m³ dan 12,59 Mpa, untuk 50% didapatkan hasil uji 1680,00 kg/m³ dan 6,63 Mpa, untuk 75% didapatkan hasil uji 1530,07 kg/m³ dan 6,89 Mpa. Sedangkan untuk beton biji karet+Sikament-LN mendapatkan hasil berat volume dan kuat tekan untuk 25% sebesar 1839,51 kg/m³ dan 14,15 Mpa, untuk 50% sebesar 1706,67 kg/m³ dan 10,96 kg/m³, untuk 75% sebesar 1533,83 kg/m³ dan 8,52 Mpa.

Kata kunci : Biji karet, Beton ringan, Sikament-LN, Kuat tekan

1. Pendahuluan

Ditinjau dari beratnya beton dikelompokkan menjadi beton normal dan beton ringan. Pengertian beton menurut SNI 03-2847-2000 didefinisikan sebagai campuran antara semen portland/semen hidrolik yang lain, agregat kasar (*split*), agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton ringan (*Lightweight Concrete*) adalah beton yang berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton pada umumnya. Penggunaan beton ringan pada konstruksi dapat mengurangi berat struktur sehingga dapat mengurangi beban yang akan ditahan oleh pondasi.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat beton ringan dengan cara mengurangi berat volume beton dari sisi material dengan mengganti baik itu pada agregat kasar maupun agregat halus yang memanfaatkan limbah-limbah organik untuk digunakan dalam campuran beton.

Memanfaatkan limbah organik berupa biji karet (*Hevea brasiliensis-muell.Arg*) dari perkebunan karet yang mempunyai bentuk fisik sama seperti koral. Limbah biji karet inilah yang akan dicoba sebagai pengganti agregat kasar untuk melihat apakah beton yang dihasilkan dapat digunakan untuk Beton Struktural atau sebagai Beton Non Struktural.

Pada penelitian ini juga dilakukan penambahan *admixtures* berupa bahan aditif yaitu, *Sikament-LN*. *Sikament-LN* adalah cairan yang sangat efektif

mengurangi penggunaan air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi sesuai dengan ASTM C494-92 Type F.

Seringkali ditemukan adanya bangunan beton yang tidak menggunakan perawatan (*non curing*) dan sebagian besar penelitian menggunakan metode beton dengan perawatan. Oleh karena itu didalam penelitian ini diteliti beton dengan tanpa perawatan sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mengetahui kegunaan beton tanpa perawatan dalam pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

2. Tujuan Penelitian

- Mengetahui berat volume beton dengan substitusi agregat kasar menggunakan biji karet.
- Mengetahui pengaruh persentase agregat kasar menggunakan biji karet dari volume benda uji sebesar 25%, 50% dan 75% terhadap kuat tekan beton.
- Mengetahui pengaruh penggunaan bahan *superplasticizer Sikament-LN* terhadap kuat tekan beton.
- Mengetahui perbandingan kuat tekan beton antara beton normal menggunakan koral ayak, mortar dan beton menggunakan biji karet.

3. Tinjauan Pustaka

Beton ringan adalah beton yang dihasilkan oleh agregat ringan. Agregat ringan adalah agregat dengan berat jenis rendah. Keuntungan dari struktur yang memakai agregat ringan adalah struktur yang mempunyai berat sendiri ringan sehingga beban yang akan disalurkan pada struktur bawah akan menjadi lebih ringan. Selanjutnya pondasi akan menerima beban yang ringan dan dimensi pondasi dapat diperkecil.

Menurut (SNI 03-3449-1994) beton ringan struktural adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.

Beton ringan dapat dibagi dalam tiga kelompok (Winter dan Nilon, 1993) yaitu :

- (a) Beton dengan berat jenis rendah, yang terutama dipakai sebagai isolasi dengan berat isi kurang dari 50 pcf (800 kg/m³).
- (b) Beton berkekuatan menengah, dengan berat isi berkisar antara 60 – 80 pcf (960 – 1360 kg/m³) dan berkekuatan tekan antara 1000 – 2500 psi (6.89 – 17.23 MPa) yang terutama dipakai sebagai pengisi, misalnya pada panel - panel lantai baja berukuran ringan.
- (c) Beton struktur, dengan berat isi berkisar antara 90 – 120 pcf (1440 – 1920 kg/m³) dan kekuatan tekan yang sama besarnya dengan kekuatan beton biasa.

4. Metodologi Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- (1) Semen
Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I dengan merek dagang Semen Baturaja produksi PT. Semen Baturaja ini dikemas dalam kantung kertas dengan berat 50 kg/zak.
- (2) Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah koral ayak yang memiliki bentuk mirip dengan biji karet, koral ayak tersebut berasal dari daerah Lahat, Sumatera Selatan.
- (3) Agregat Halus
Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari daerah Tanjung Raja, Sumatera Selatan.
- (4) Limbah Organik berupa biji karet
Biji karet yang digunakan adalah biji karet yang berasal dari perkebunan karet di OKU Timur, Sumatera Selatan.
- (5) Bahan Aditif

Superplasticizer yang digunakan adalah *Sikament-LN* produksi P.T Sika dalam kemasan 5 liter. *Sikament-LN* adalah cairan yang sangat efektif mengurangi penggunaan air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi sesuai dengan ASTM C494-92 Type F.

(6) Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Beton Universitas Sriwijaya yang memenuhi syarat-syarat PDAM Tirta Musi.

5. Prosedur Pelaksanaan

(1) Cetakan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan cetakan untuk benda uji berbentuk kubus 15x15x15 cm berbahan dasar baja. Untuk mortar menggunakan benda uji berupa kubus dengan ukuran 5x5x5 cm. Pencampuran benda uji dilakukan dengan menggunakan alat pengaduk (*molen*).

(2) Pencampuran Material

Pencampuran material dilakukan setelah didapat data dari hasil pengujian material, kemudian ditimbang sesuai dengan proporsi campuran yang didapat. Masukkan agregat halus dan semen kedalam alat pengaduk (*molen*), setelah tercampur secara merata masukkan air sedikit demi sedikit sampai adukan merata dan homogen, lalu masukkan biji karet. setelah adukan rata kemudian keluarkan dari *molen* dan dilakukan pemeriksaan *slump*.

(3) Pencetakan Benda Uji

Melakukan persiapan cetakan dengan mengencangkan baut-baut cetakan agar tidak ada campuran adukan beton yang keluar, kemudian cetakan diolesi dengan minyak pelumas atau oli, bertujuan agar beton yang telah mengeras tidak melekat pada cetakan sehingga memudahkan proses pelepasan beton. Pengisian adukan beton ke dalam cetakan dilakukan dalam dua tahap. Adukan beton dimasukkan setengah dari tinggi cetakan, lalu dipadatkan dengan tongkat besi sebanyak 32 kali tumbukan agar beton yang dihasilkan homogen. Untuk lapisan berikutnya dilakukan hal yang sama. Setelah adukan beton memenuhi cetakan, maka permukaan beton tersebut diratakan dengan menggunakan sendok spesi.

Perlakuan terhadap Beton

Cetakan beton dapat dibuka setelah beton mengeras selama 24 jam. Dalam penelitian ini beton yang digunakan adalah beton tanpa perawatan (*non-curing*), sehingga beton yang telah mengeras diletakkan diruangan terbuka sampai saat uji tekan beton dilakukan, yaitu pada umur 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Untuk beton normal menggunakan koral ayak

dan mortar dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.

Analisa Kekuatan Beton

Pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan. Berdasarkan buku Pedoman Praktikum Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(Pers. 1)$$

Dimana : σ = Kuat tekan benda uji, kg/cm^2

P = Kemampuan benda uji untuk menahan gaya tekan, kg

A = Luas penampang benda uji, cm^2

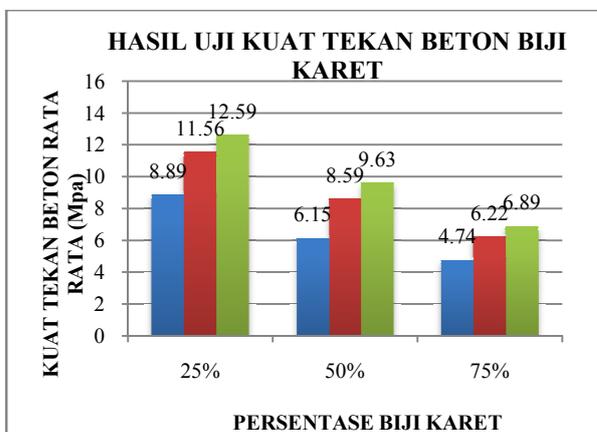
Nilai kuat tekan yang diperoleh dari tiap sampel, setelah dihitung digambarkan dalam diagram yang biasanya berupa titik-titik. Dengan demikian didapat titik pertama untuk sampel satu, titik kedua untuk sampel kedua, dan seterusnya. Supaya mudah dianalisis, biasanya titik-titik yang berurutan dihubungkan.

6. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian nilai kuat tekan rata-rata beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel.1.Data hasil pengujian kuat tekan beton biji karet sebesar 25%, 50% dan 75% untuk umur 7, 21 dan 28 hari

PERSENTASE	KTB BIJI KARET 7 HARI	KTB BIJI KARET 21 HARI	KTB BIJI KARET 28 HARI
	KUAT TEKAN (Mpa)	KUAT TEKAN (Mpa)	KUAT TEKAN (Mpa)
25%	8,89	11,56	12,59
50%	6,15	8,59	9,63
75%	4,74	6,22	6,89

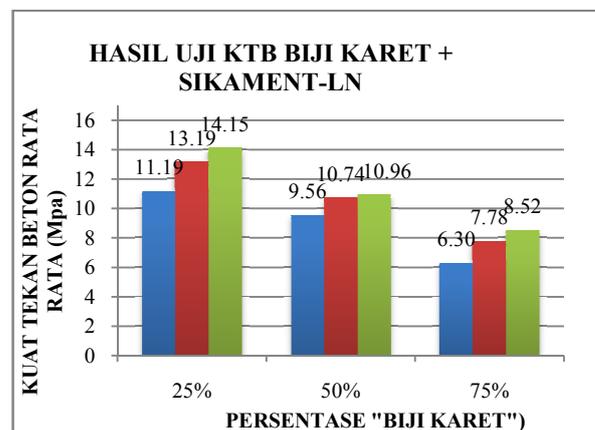


Gambar.1.Histogram hasil uji kuat tekan beton biji karet 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 7, 21 dan 28 hari

Dari histogram diatas dapat dilihat bahwa penggunaan biji karet pada persentase 25% mempunyai kuat tekan yang paling tinggi yaitu 12,59Mpa, untuk persentase 50% kuat tekannya 9,63Mpa, dan 75% sebesar 6,89 Mpa pada umur 28 hari.

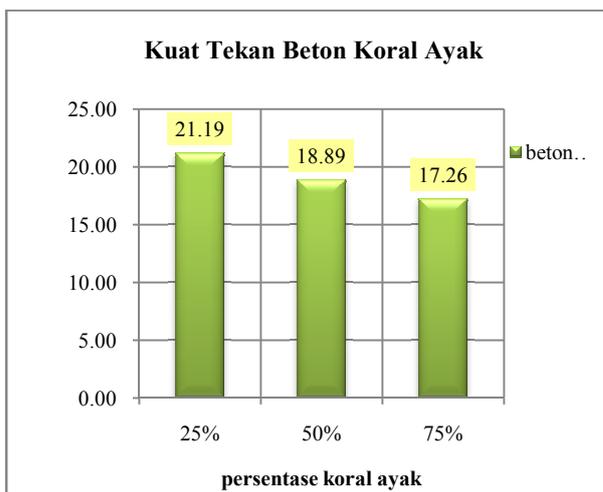
Tabel.2.Data hasil pengujian kuat tekan beton biji karet sebesar 25%, 50% dan 75% + bahan Sikament-LN untuk umur 7, 21 dan 28 hari

PERSENTASE	KTB BIJI KARET + SIKAMENT-LN 7 HARI	KTB BIJI KARET + SIKAMENT-LN 21 HARI	KTB BIJI KARET + SIKAMENT-LN 28 HARI
	KUAT TEKAN (Mpa)	KUAT TEKAN (Mpa)	KUAT TEKAN (Mpa)
25%	11,19	13,19	14,15
50%	9,56	10,74	10,96
75%	6,30	7,78	8,52



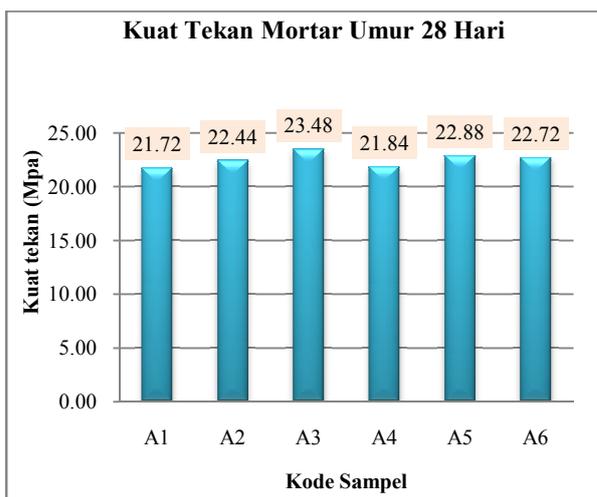
Gambar.2.Histogram hasil uji kuat tekan beton biji karet +Sikament-LN 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 7, 21 dan 28 hari

Dari histogram diatas dapat dilihat bahwa penggunaan biji karet + Sikament-LN pada persentase 25% mempunyai kuat tekan yang paling tinggi yaitu 14,15 Mpa, untuk persentase 50% kuat tekannya 10,96 Mpa, dan 75% sebesar 8,52 Mpa pada umur 28 hari.



Gambar.3. Histogram hasil uji kuat tekan beton korral ayak 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 28 hari

Dari histogram diatas dapat diketahui hasil uji kuat tekan mortar pada umur pengujian 28 hari, untuk persentase 25% sebesar 21,19 Mpa, untuk persentase 50% sebesar 18,89 Mpa dan 75% sebesar 17,26 Mpa.



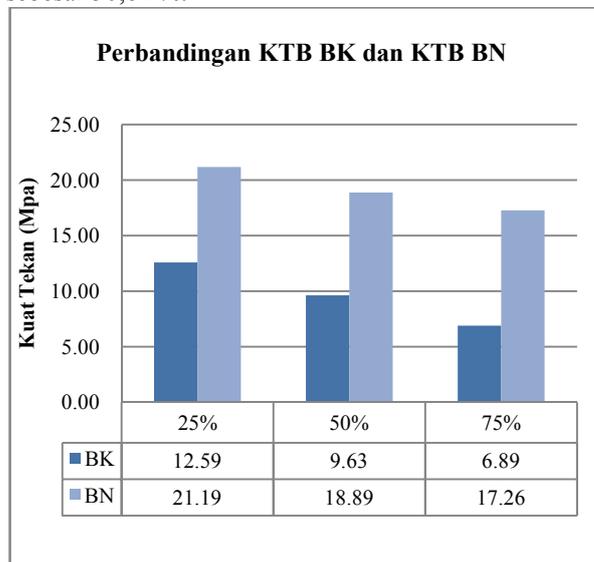
Gambar.4. Histogram hasil uji kuat tekan mortar pada umur pengujian 28 hari

Dari histogram diatas dapat diketahui hasil uji kuat tekan mortar pada umur 28 hari dengan rata-rata 22,51 Mpa.

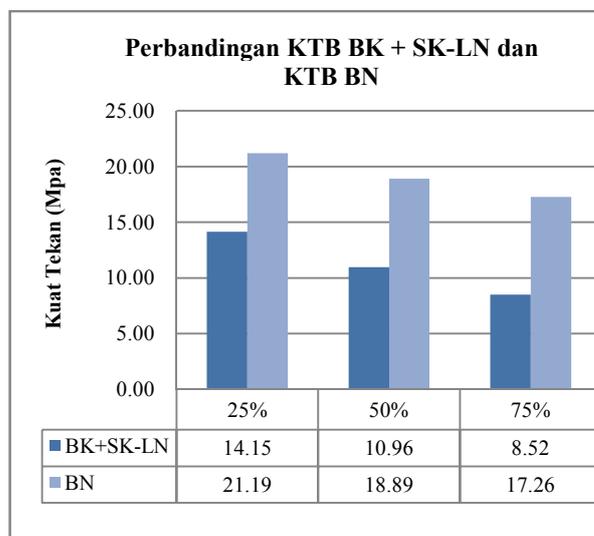
Tabel.3. Data perbandingan kuat tekan beton biji karet dan beton biji karet+Sikament-LN dengan beton korral ayak sebesar 25%, 50% dan 75% untuk umur 28 hari

Persentase Agregat	BK (Mpa)	BK+SK-LN (Mpa)	BN (Mpa)	Selisih BK Terhadap Beton Normal (%)	Selisih BK+VC10 Terhadap Beton Normal (%)
25%	12,59	14,15	21,19	-40,56	-33,22
50%	9,63	10,96	18,89	-49,02	-41,96
75%	6,89	8,52	17,26	-60,09	-50,64

Dari tabel diatas dapat dilihat selisih kuat tekan antara beton biji karet dengan beton korral ayak, selisih kuat tekan terbesar pada persentase 75% sebesar 60,09%. Sedangkan selisih kuat tekan beton biji karet + Sikament-LN dengan beton korral ayak sebesar 50,64 %.



Gambar.5. Histogram perbandingan hasil uji kuat tekan beton biji karet dengan beton korral ayak 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 28 hari

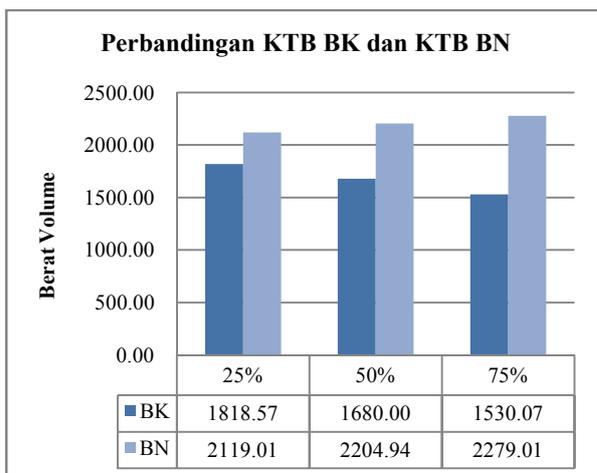


Gambar.6. Histogram perbandingan hasil uji kuat tekan beton biji karet+Sikament-LN dengan beton korral ayak 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 28 hari

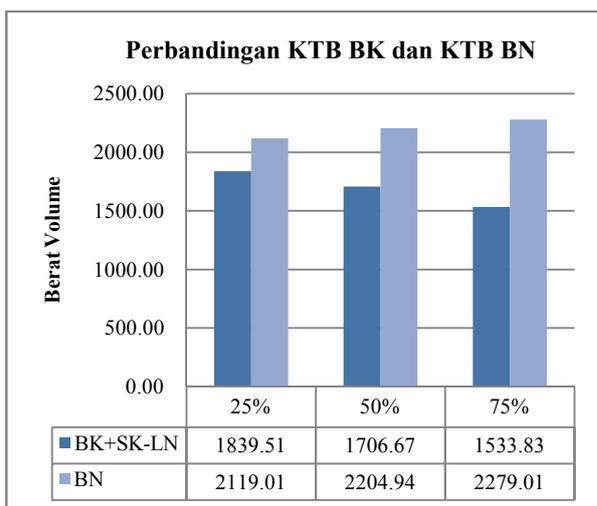
Tabel.4. Data perbandingan berat volume beton biji karet dan beton biji karet+Sikament-LN dengan beton korral ayak sebesar 25%, 50% dan 75% untuk umur 28 hari

Persentase Agregat	BK (kg/m ³)	BK+SK-LN (kg/m ³)	BN (kg/m ³)	Selisih BK Terhadap Beton Normal (%)	Selisih BK+SK-LN Terhadap Beton Normal (%)
25%	1818,57	1839,51	2119,01	-14,18	-13,19
50%	1680,00	1706,67	2204,94	-23,81	-22,60
75%	1530,07	1533,83	2279,01	-32,86	-32,70

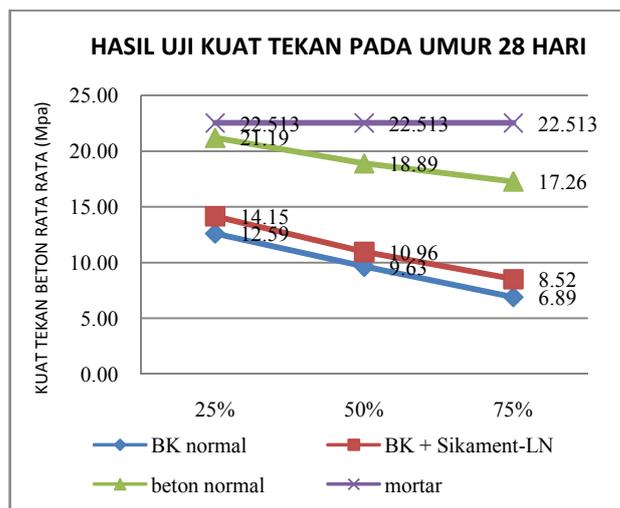
Dari tabel diatas dapat dilihat selisih berat volume antara beton biji karet dengan beton koral ayak, selisih berat volume terbesar pada persentase 75% sebesar 32,86%. Sedangkan selisih berat volume beton biji karet + *Sikament-LN* dengan beton koral ayak sebesar 32,70 %.



Gambar.7.Histogram perbandingan hasil uji berat volume beton biji karet dengan beton koral ayak 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 28 hari



Gambar.8.Histogram perbandingan hasil uji berat volume beton biji karet+*Sikament-LN* dengan beton koral ayak 25%, 50% dan 75% pada umur pengujian 28 hari



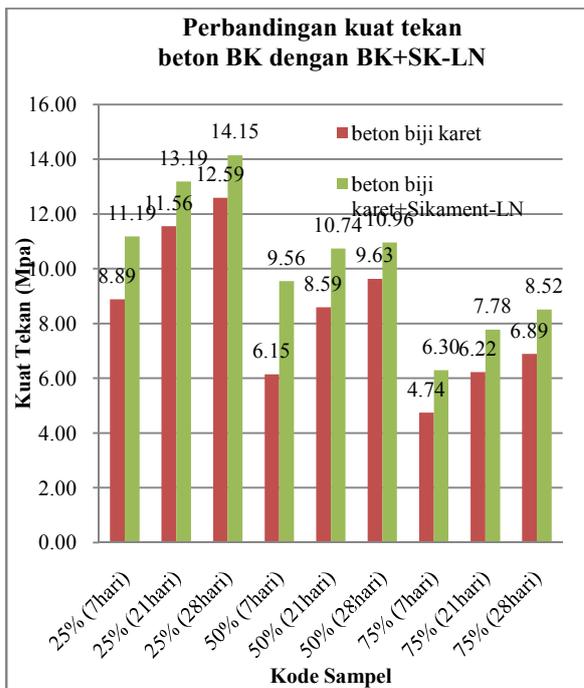
Gambar.8.Histogram perbandingan hasil uji kuat tekan beton biji karet, beton biji karet+*Sikament-LN*, beton koral ayak 25%, 50% dan 75% dengan mortar

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa mortar memiliki kuat tekan paling tinggi sebesar 22,513 Mpa, lalu kuat tekan beton koral ayak persentase 25% sebesar 21,19 Mpa, beton biji karet 25% + *Sikament-LN* sebesar 14,15 Mpa dan beton biji karet 25% sebesar 12,59 Mpa.

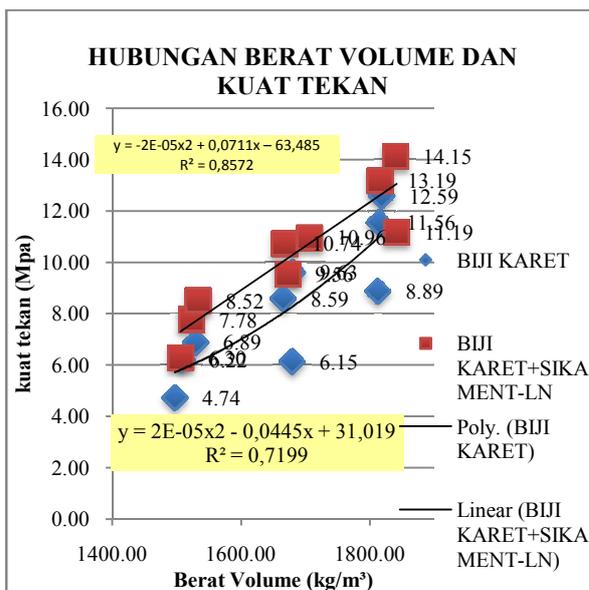
Tabel.5.Data hasil uji kuat tekan dan berat volume beton biji karet dan beton biji karet+*Sikament-LN* dengan beton koral ayak sebesar 25%, 50% dan 75% untuk umur 28 hari

SAMPSEL	BIJI KARET		BIJI KARET + SIKAMENT-LN	
	KUAT TEKAN (Mpa)	BERAT VOLUME (kg/m ³)	KUAT TEKAN (Mpa)	BERAT VOLUME (kg/m ³)
25% 7 hari	8,89	1812,35	11,19	1841,48
25% 21 hari	11,56	1814,42	13,19	1815,90
25% 28 hari	12,59	1818,57	14,15	1839,51
50% 7 hari	6,15	1679,60	9,56	1672,79
50% 21 hari	8,59	1665,68	10,74	1668,25
50% 28 hari	9,63	1680,00	10,96	1706,67
75% 7 hari	4,74	1497,58	6,30	1506,67
75% 21 hari	6,22	1508,44	7,78	1523,46
75% 28 hari	6,89	1530,07	8,52	1533,83

Pada grafik dibawah ini akan dijelaskan mengenai selisih kuat tekan antara beton biji karet dengan beton biji karet+*Sikament-LN* dan grafik antara hubungan berat volume beton dengan kuat tekan antara beton biji karet+*Sikament-LN* :



Gambar.8. Histogram perbandingan hasil uji kuat tekan beton biji karet dengan beton biji karet+Sikament-LN



Gambar.9. Grafik perbandingan hasil uji kuat tekan beton dengan berat volume biji karet dan beton biji karet+Sikament-LN

7. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan terhadap beton biji karet sebagai pengganti seluruh agregat kasar dengan persentase 25%, 50% dan 75% dan penambahan superplasticizer Sikament-LN dengan kadar 1,5%, maka dapat disimpulkan bahwa :

- (1) Pengaruh penggunaan biji karet terhadap penurunan berat volume beton dibandingkan dengan beton normal menggunakan koral ayak cukup besar. Bila dibandingkan pada umur pengujian 28 hari, untuk beton biji karet dengan persentase 25%, 50% dan 75% memiliki berat volume sebesar 1818,57 kg/m³, 1680,00 kg/m³ dan 1530,07 kg/m³. Sedangkan beton koral ayak untuk persentase 25%, 50% dan 75% memiliki berat volume sebesar 2119,01 kg/m³, 2204,94 kg/m³ dan 2279,01 kg/m³. Maka penurunan berat volume untuk persentase 25% sebesar 14,18%, 50% sebesar 23,81% dan 32,86%.
- (2) Pengaruh penggunaan biji karet terhadap kuat tekan apabila dibandingkan dengan beton normal menggunakan koral ayak terjadi penurunan yg cukup besar, untuk persentase 25%, 50% dan 75% sebesar 12,59 Mpa, 9,63 Mpa dan 6,89 Mpa. Sedangkan beton koral ayak untuk persentase 25%, 50% dan 75% memiliki kuat tekan sebesar 21,19 Mpa, 18,89 Mpa dan 60,09 Mpa. Maka penurunan berat volume untuk persentase 25%, 50% dan 75% sebesar 20,56%, 49,02% dan 60,09%. Sehingga semakin banyak penggunaan biji karet maka penurunan kuat tekannya apabila dibandingkan dengan beton normal koral ayak semakin besar.
- (3) Pengaruh penambahan *superplasticizer Sikament-LN* dengan kadar 1,5% terhadap kuat tekan beton bila dibandingkan dengan beton normal koral ayak terjadi penurunan, untuk persentase 25%, 50% dan 75% kuat tekannya sebesar 14,15 Mpa, 10,96 % dan 8,52%. Maka penurunan kuat tekannya bila dibandingkan dengan koral ayak sebesar 33,22%, 41,96% dan 50,64%. Apabila dibandingkan dengan beton biji karet tanpa bahan tambahan terjadi kenaikan kuat tekan walaupun tidak terlalu besar, untuk 25% terjadi kenaikan sebesar 10,99%, untuk 50% kenaikannya sebesar 12,16% dan 75% sebesar 19,13%. Maka dengan ditambahkan *superplasticizer Sikament-LN* berfungsi untuk menaikkan kuat tekan beton.
- (4) Perbandingan kuat tekan antara beton biji karet, biji karet+Sikament-LN, beton koral ayak dengan mortar pada umur pengujian 28 hari. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai kuat tekan mortar memiliki kuat tekan yang paling tinggi yaitu 22,51 Mpa. Maka penurunan kuat tekan mortar bila dibandingkan beton koral ayak persentase 25%, 50% dan 75% sebesar 5,90%, 16,10% dan 23,43%. Bila dibandingkan dengan beton biji karet + Sikament-LN dengan persentase 25%, 50% dan 75% penurunannya 37,16%, 51,30% dan 62,16%. Sedangkan bila dibandingkan dengan beton biji karet persentase 25%, 50% dan 75% penurunannya sebesar 44,06%, 57,22% dan 69,40%. Bila dilihat dari kuat tekannya maka beton biji karet baik yang

menggunakan bahan *Sikament-LN* ataupun tidak termasuk pada beton Non-Struktural.

Saran

- (1) Campuran beton biji karet pada penelitian ini sebaiknya digunakan untuk konstruksi Non-Struktural .
- (2) Untuk mendapatkan kuat tekan yang maksimum sebaiknya gunakan persentase biji karet sebesar 25% dengan bahan tambahan *Sikament-LN*.
- (3) Sebaiknya untuk percobaan selanjutnya, sebelum biji karet digunakan dalam campuran dapat dilakukan pemilihan biji karet yang tidak cacat, baik retak maupun berlubang untuk dapat menaikkan kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI committe 211.2-98, 1998. *Standart Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete*, American Concrete Institute, Detroit.
- Annual Book of ASTM Standart, 1996. *Section for Construction*, Volume 04.02, Concrete and Aggregates.
- Antono, A. 1995. *Teknologi Beton dalam Praktek*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Astira, Imron F., Taufik A.g., dan Betty Susanti, 2007. *Pedoman Pelaksanaan dan Laporan Kerja Praktek dan Tugas Akhir (Skripsi)*, Penerbit Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1992. *Petunjuk Pelaksanaan Beton Edisi II*, Departemen pekerjaan Umum, Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1991. *Stuktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. 2011. *Pedoman Praktikum Beton*, Indralaya.
- Mordock, L.J., dan K.M. Brook., 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Nugraha, Paul., Antoni, 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi dan LPPM Universitas Kristen Petra, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta