

**PENGARUH PENAMBAHAN CACAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS HIGH
DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PADA
KUAT LENTUR BETON**

**Dantje A. T. Sina¹⁾
I Made Udiana²⁾
Bernad D. Da Costa³⁾**

ABSTRACT

Waste is a very complex problem in urban area. Plastic waste is increasing every year. Kupang with population of 291,794 people generate waste reaches 926 m³/day. Organic waste to 700 m³ and inorganic waste about 226 m³.

Concrete is planned by strength quality 25 MPa. Based on the analysis in this study obtained that concrete flexural strength value increased due to the addition of HDPE plastic shredded into the concrete, with chopped levels are added to the concrete at 0%, 0.50% and 0.90% .0,70%. Flexural strength value of normal concrete without the addition of shredded plastic (0%) is 4.12 MPa, flexural strength of concrete with the addition of shredded plastic 0.50% is 4.30 MPa increased 4.37% from normal concrete flexural strength, flexural strength of concrete with the addition of shredded plastics 0.70% is 4.21 MPa increased 2.19% from the normal concrete flexural strength and flexural strength of concrete with the addition of shredded plastic 0.90% is 3.94 MPa decreased 3.64% of flexural strength normal concrete.

Keyword : HDPE Plastic, Waste, Flexural Strength Concrete

ABSTRAK

Sampah merupakan masalah yang sangat kompleks di perkotaan. Sampah plastik tiap tahunnya semakin meningkat. Kota Kupang dengan jumlah penduduk 291.794 orang menghasilkan sampah mencapai 926 m³/hari. Sampah organik mencapai 700 m³ lebih dan sampah anorganik sekitar 226 m³.

Beton yang direncanakan dengan mutu beton 25 MPa. Berdasarkan hasil analisa dalam penelitian ini diperoleh nilai kuat lentur beton yang meningkat akibat penambahan cacahan plastik HDPE ke dalam beton, dengan kadar cacahan yang ditambahkan ke dalam beton sebesar 0%, 0,50%.0,70% dan 0,90%. Nilai kuat lentur beton normal tanpa penambahan cacahan plastik (0%) sebesar 4,12 MPa, kuat lentur beton dengan penambahan cacahan plastik 0,50% sebesar 4,30 MPa meningkat 4,37% dari kuat lentur beton normal, kuat lentur beton dengan penambahan cacahan plastik 0,70% sebesar 4,21 MPa meningkat 2,19% dari kuat lentur beton normal dan kuat lentur beton dengan penambahan cacahan plastik 0,90% sebesar 3,94 MPa menurun 3,64% dari kuat lentur beton normal.

Kata Kunci : Plastik HDPE, Sampah, Kuat Lentur Beton

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

PENDAHULUAN

Sampah merupakan masalah yang sangat kompleks di daerah perkotaan. Oleh karena itu pembuangan dan pengolahan sampah perlu diatur oleh pemerintah agar masyarakat lebih disiplin dalam pembuangan dan pengolahan sampah pada tempatnya, sehingga menciptakan lingkungan yang sehat dan bersih.

Penggunaan plastik memang terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, menyebabkan jumlah sampah plastik pun ikut bertambah. Kota Kupang dengan jumlah penduduk 291.794 orang menghasilkan sampah mencapai 926 m³/hari. Sampah organik mencapai 700 m³ lebih dan sampah anorganik sekitar 226 m³ (BPS Kota Kupang, 2010). Oleh karena itu perlu adanya penanganan khusus terhadap sampah plastik. Botol plastik oli tersebut dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada campuran beton. Limbah sampah di sekitar, seperti botol plastik oli merupakan jenis plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) yang pada bagian dasar botol tertera angka dua dalam symbol daur ulang.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian beton

Secara umum beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen portland, agregat halus, dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan (Tjokrodinuljo. K, 2009:71). Di samping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton (Mulyono. T, 2004:4).

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut :

1. PC (Semen Portland)

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodimuljo. K, 2009:17).

Agregat menurut butirannya dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Agregat halus (pasir) ialah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,8 atau 4,75 mm atau 5,0 mm (Mulyono. T, 2004:82).
- b. Agregat kasar (batu pecah) ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,80 mm atau 4,75 mm atau 5,00 mm (Mulyono. T, 2004:82).

3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk bereaksi dengan semen portland dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan seperti diaduk, dituang dan dipadatkan. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton, tetapi tidak berarti air untuk pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum (Tjokrodimuljo. K, 2009:51).

Polimer *High Density Polyethylene* (HDPE)

Polimer adalah salah satu bahan rekayasa bukan logam (*non-metallic material*) yang penting. Saat ini bahan polimer telah banyak digunakan sebagai bahan substitusi untuk logam terutama karena sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi dan kimia, dan murah, khususnya untuk aplikasi-aplikasi pada temperatur rendah.

Beton Serat

Dalam pembagian beton serat, jenis beton serat dapat kita bedakan menjadi 2 jenis yaitu beton serat alami dan serat buatan. Serat alam umumnya terbuat dari bermacam-macam tumbuhan. Karena sifatnya umumnya mudah menyerap dan melepaskan air, serat alam mudah lapuk sehingga tidak dianjurkan digunakan pada beton bermutu tinggi atau

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

untuk penggunaan khusus. Yang termasuk serat alam antara lain rami, sisal, ijuk, serabut kelapa dan lain-lain. Serat buatan umumnya dibuat dari senyawa-senyawa polimer. Mempunyai ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca. Mempunyai titik leleh, kuat tarik, dan kuat lentur tinggi. Digunakan untuk beton bermutu tinggi dan yang akan digunakan secara khusus.

Perlu kita perhatikan yaitu dimensi serat. Penambahan serat menyebabkan beton menjadi sukar untuk diaduk. Untuk mengatasinya serat dicampur dulu secara merata ke dalam salah satu bahan pembuat beton dan menjaga aspek rasio diameter dan panjangnya agar tidak terjadi penggumpalan.

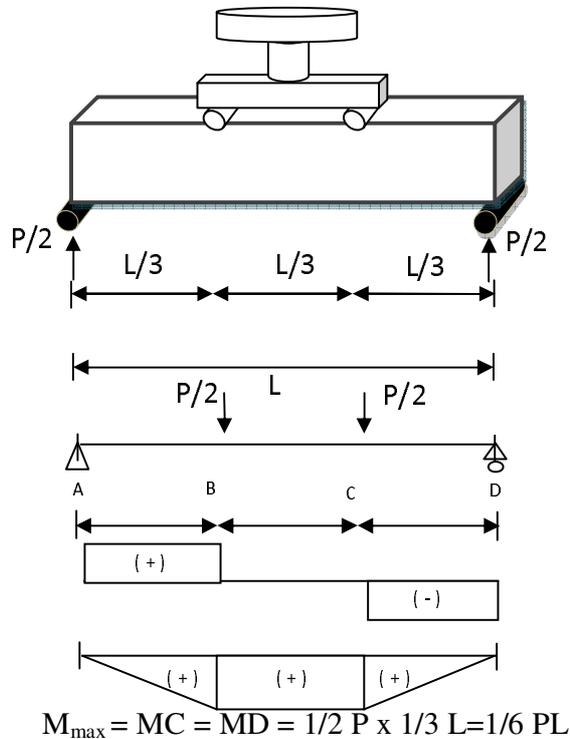
Dalam sifat fisik beton itu Penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga.

Uji Kuat Lentur (*Flexural Strength Test*)

Pengujian kuat lentur secara normal digunakan untuk menentukan karakteristik perkerasan beton dan hasilnya dinyatakan dalam *modulus of rupture*.

^{1,2)} *Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana*

³⁾ *Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana*



Gambar 2.1 Skema Pengujian Kuat Lentur

Sumber : ASTM C78 – 02.

Dari Gambar 2.1, rumus tersebut kemudian bisa didapat nilai kuat lentur (f_r) untuk benda uji balok, sebagai berikut :

Uji Kuat Lentur.

$$f_r = \frac{P.l}{(b.d^2)} \dots\dots\dots(2.13).$$

Dimana :

- f_r = kuat lentur beton (kg/cm^2 atau N/mm^2)
- P = gaya tekan yang bekerja (kg atau N)
- l = panjang Balok (cm atau mm)
- b = tinggi Balok (cm atau mm)

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

d = tebal Balok (cm atau mm).

Langkah-Langkah Penelitian

Tahap persiapan dan pemeriksaan bahan

1. Tahap persiapan bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan sebelumnya disiapkan di wadah yang sudah dibersihkan terlebih dahulu kemudian bahan-bahan yang telah ditempatkan di wadah dibersihkan dari kotoran yang dapat dilihat oleh kasat mata.

2. Tahap pemeriksaan bahan

Pemeriksaan bahan susun beton dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana. Bahan dan tahapan pemeriksaan meliputi pemeriksaan semen secara visual, pemeriksaan berat jenis pasir, pemeriksaan gradasi pasir, pemeriksaan kadar air pasir, pemeriksaan berat jenis batu pecah, pemeriksaan gradasi batu pecah, pemeriksaan kadar air batu pecah, pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual dan pembuatan cacahan plastik HDPE.

Pembuatan cacahan botol plastik HDPE. Serat HDPE didapat dari mencacah sampah botol plastik yang ada. Prosedurnya sebagai berikut:

- a. Siapkan limbah plastik HDPE. Sampah ini dapat dibeli di lapak – lapak ataupun melakukan pengumpulan secara individu.
- b. Kemudian bersihkan sampah HDPE dan buang bagian – bagian yang tidak diperlukan, seperti plastik produk dan bagian tutupan yang cenderung keras.
- c. Setelah itu plastik direndam dengan minyak tanah agar oli dan bekas lem yang masih melekat pada plastik dapat mudah dibersihkan. Bekas lem yang masih melekat pada plastik dibersihkan dengan menggunakan pisau kuter.
- d. Apabila plastik tersebut sudah benar - benar bersih dari bekas lem dan oli, bersihkan kembali dengan menggunakan deterjen direndam selama 1 hari agar plastik bersih dari bekas minyak tanah maupun debu atau kotoran yang melekat.
- e. Setelah itu sampah HDPE yang sudah siap, dicacah dengan menggunakan alat potong, sampai berukuran panjang 150 mm dan lebar 10 mm. Botol plastik HDPE dicacah

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

dengan ukuran tersebut dengan maksud agar dapat mendukung dan menahan beton akibat lemahnya terhadap beban lentur.

f. Cacahan plastik HDPE kemudian dibersihkan kembali sebelum siap digunakan.

Pembuatan dan perawatan benda uji

1. Pembuatan benda uji

Benda uji berupa beton normal dan beton dengan tambahan cacahan plastik HDPE dengan menggunakan mal cetakan beton berupa balok. Jumlah benda uji dan persentase penambahan cacahan plastik HDPE dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persentase Kadar Cacahan dalam Jumlah Benda Uji

Kadar cacahan % dari berat semen	Jumlah benda uji	
	Untuk uji Kuat Lentur 7 hari	Untuk uji Kuat Lentur 28 hari
0,0	3	3
0,50	3	3
0,70	3	3
0,90	3	3
Jumlah benda uji	12	12

Pembuatan benda uji mengacu pada SNI 03-2493-1991, tentang Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji dengan penambahan serat plastik adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan cetakan yang akan digunakan.
- b. Masing - masing bahan ditimbang sesuai dengan jumlah bahan yang ditetapkan dari hasil rancang campur beton (*concrete mix design*); untuk kemudahan kerja, aduklah beton dalam sebuah wadah yang memiliki kapasitas 10% melebihi dari adukan beton.
- c. Semua bahan yang telah ditimbang kemudian dicampur dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mengaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*)

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

dilakukan dengan cara menjalankan mesin aduk terlebih dahulu kemudian masukan agregat kasar dan sejumlah air adukan, kemudian menambahkan agregat halus, semen, dan seluruh sisa air adukan.

- d. Setelah adukan merata dan homogen, melakukan pengujian *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams kemudian dilakukan pengukuran dengan mengukur tinggi keruntuhan adonan beton yang tadinya dimasukkan kedalam kerucut.
- e. Setelah selesai menguji *slump*, memasukan kembali campuran kedalam wadah adukan.
- f. Mengaduk kembali dengan sendok semen atau sekop sampai adukan rata dan homogen.
- g. Melakukan pencetakan benda uji. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap masing-masing 1/3, 2/3 dan penuh cetakan. Setiap tahap saat dipadatkan serat plastik juga di masukkan dengan arah memanjang benda uji seperti tulangan, kemudian dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sampai cetakan penuh.
- h. Permukaan beton diratakan dengan tongkat perata sehingga permukaan atas adukan beton rata dengan bagian atas cetakan.
- i. Setelah selesai mencetak cetakan yang sudah terisi penuh dengan adonan beton digetarkan dengan mesin penggetar agar adonan beton tersebut lebih padat.

2. Perawatan benda uji

Prosedur perawatan benda uji mengacu pada SNI 03-2493-1991, tentang Metode

Pengujian benda uji

Pengujian terhadap benda uji yang akan dilakukan di laboratorium antara lain dilakukan pengujian terhadap pengujian kuat lentur. Untuk pengujian kuat lentur beton dipakai metode pengujian kuat lentur beton ASTM C78 – 02

HASIL DAN PEMBAHASAN

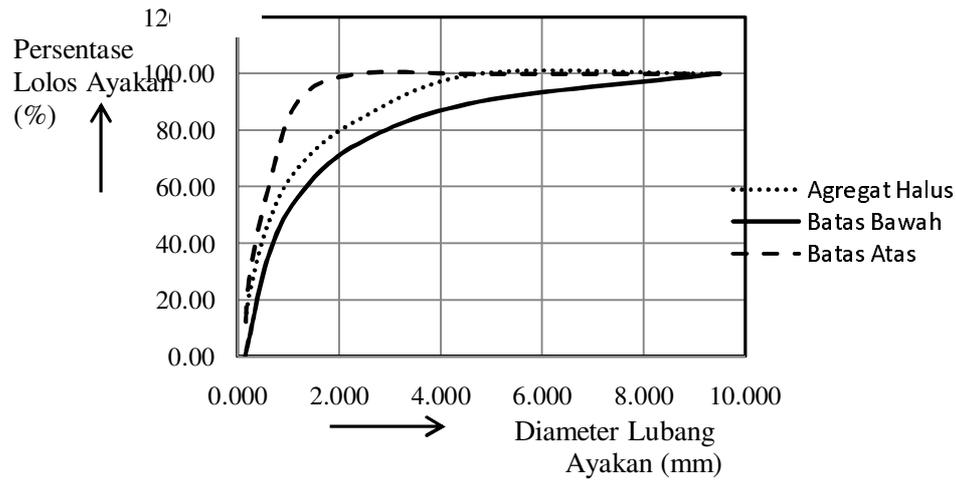
Analisa saringan agregat

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh besarnya nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebagai salah satu syarat untuk agregat yang baik untuk digunakan dalam campuran beton. Berikut ini tahapan pengujian :

1. Analisa agregat halus (pasir)



Gambar 4.1 Kurva Distribusi Ukuran Butiran Agregat Halus.

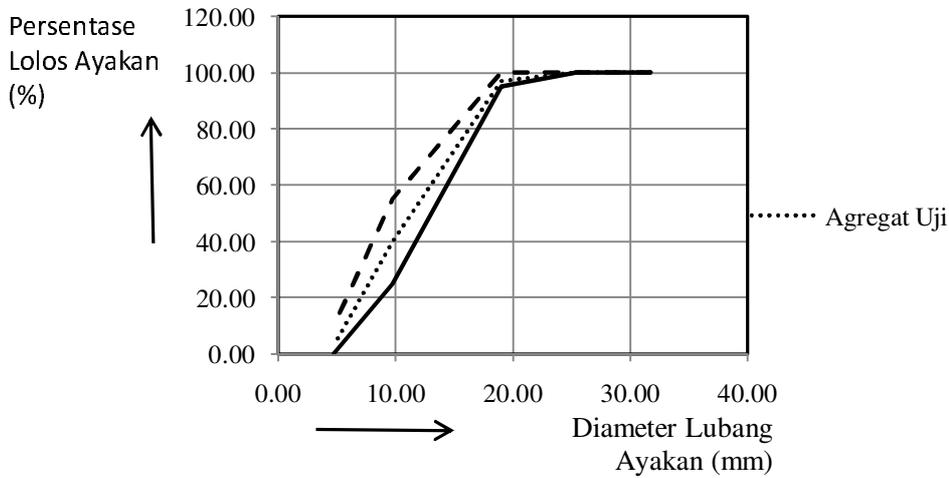
Dari hasil pemeriksaan distribusi ukuran (gradasi), pasir Takari ini memenuhi persyaratan gradasi agregat halus menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) T-15-1990-03, sehingga dapat dipakai untuk campuran beton.

Nilai Modulus Halus Butir (MHB) pasir asal Takari yang diperoleh sebesar 3,69. Nilai modulus ini memenuhi persyaratan pasir sebagai agregat halus yaitu antara 1,50 – 3,80 (Mulyono. T, 2004:99).

2. Analisa agregat kasar (batu pecah)

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana



Gambar 4.2. Kurva Distribusi Ukuran Butiran Agregat Kasar.

Dari hasil pemeriksaan distribusi ukuran (gradasi), batu pecah ini memenuhi persyaratan gradasi agregat kasar menurut SK SNI T-151-1990-03, sehingga dapat dipakai untuk campuran beton.

Nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar yang diperoleh sebesar 5,46. Nilai Modulus ini memenuhi persyaratan batu pecah sebagai agregat kasar yaitu antara 5 – 8 (Mulyono. T, 2004:99).

Hasil pengolahan cacahan plastik *High Density Polyethylene (HDPE)*

Botol plastik oli yang telah dicacah dengan ukuran panjang maksimum 150 mm dan lebar 10 mm harus benar-benar bersih dari kotoran maupun minyak. Hasil cacahan botol plastik oli HDPE ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

Gambar 4.3. Hasil Cacahan Botol Plastik Oli HDPE.

Hasil Perencanaan Campuran Beton

Berdasarkan hasil perhitungan, didapat perbandingan campuran beton optimum adalah Semen : Pasir : Kerikil : Air = 1,00 : 1,89 : 2,53 : 0,55. Perbandingan komposisi ini memberikan kekuatan tekan untuk pengujian silinder beton sebesar 25,86 MPa.

Penentuan kebutuhan adukan beton per profil Faktor Air Semen (FAS) 0,55 dengan dimensi balok, $b = 0,15$ m, tinggi, $d = 0,15$ m dan $L = 0,60$ m volume balok, $V = 0,0135$ m³, didapatlah kebutuhan adukan mix untuk volume satu balok campuran beton dengan faktor kehilangan 15 % sebesar = 36.694,89 gram.

Pengujian Slump

Hasil pengerjaan sampel beton yang dikerjakan di laboratorium dengan menggunakan FAS yang tetap (0,55) sesuai dengan *mix design*, didapat nilai *slump* 75-150 mm.

Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Analisa pengujian kuat lentur untuk penampang balok dengan tinggi 150 mm dan lebar 150 mm dan garis netral berada pada jarak 75 mm, penampang yang mengalami gaya tarik atau lentur yaitu penampang yang berada pada bagian bawah garis netral. Cacahan plastik yang ditambahkan pada beton yang mengalami gaya tarik atau lentur yang berada pada bagian 1/3 dari tinggi penampang, berarti untuk pengujian kuat lentur cacahan yang dianggap membantu meningkatkan kuat lentur beton yaitu setengah dari persentasi cacahan plastik yang ditambahkan yaitu $0,50\% = 0,25\%$, $0,70\% = 0,35\%$ dan $0,90\% = 0,45\%$. Jadi untuk perhitungan selanjutnya konsentrasi cacahan plastik yang ditambahkan adalah 0,25%, 0,35% dan 0,45%.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Pada Umur 7 hari

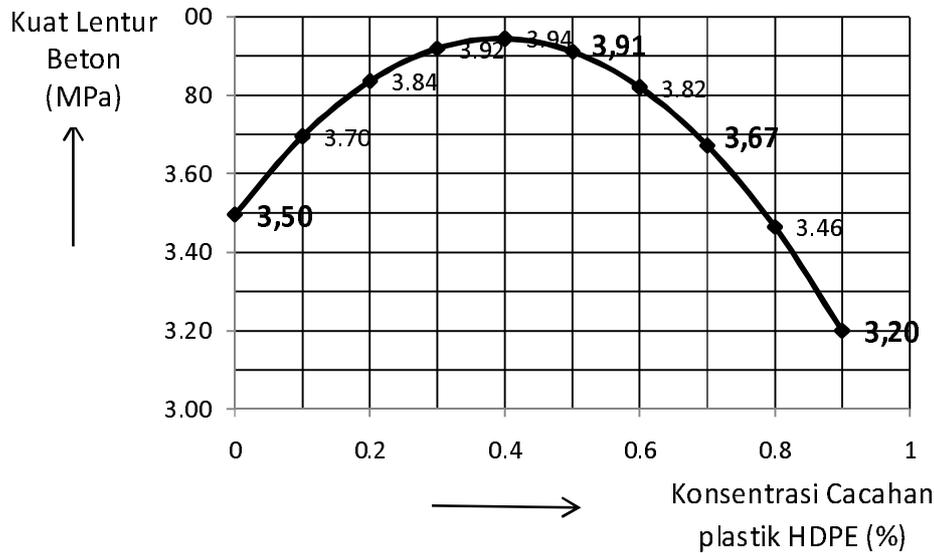
^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

No	Benda Uji	Konsentrasi Cacahan (%)	Berat (gr)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rerata (MPa)
1	I	0,0	3300	19	3,38	3,50
	II	0,0	3300	20	3,56	
	III	0,0	3300	20	3,56	
2	IV	0,25	3310	22	3,91	3,91
	V	0,25	3320	24	4,27	
	VI	0,25	3310	20	3,56	
3	VII	0,35	3300	20	3,56	3,67
	VIII	0,35	3300	20	3,56	
	IX	0,35	3300	22	3,91	
4	X	0,45	3300	18	3,20	3,20
	XI	0,45	3330	18	3,20	
	XII	0,45	3400	18	3,20	

Hasil pengujian kuat lentur beton pada tabel 4.11 diperoleh persamaan :

$y = -2,901x^2 + 2,282x + 3,496$. Dari persamaan tersebut dibuat dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kuat Lentur Beton dengan Konsentrasi Cacahan Plastik HDPE dalam Beton pada Umur 7 Hari.

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat hasil pengujian kuat lentur beton tanpa penambahan cacahan plastik (0 %) dan dengan tambahan cacahan plastik dengan konsentrasi cacahan 0,25 %, 0,35 %, dan 0,45 %, nilai kuat lentur beton dengan cacahan plastik 0 % memiliki nilai sebesar 3,50 MPa, adanya peningkatan kekuatan lentur maksimum pada penambahan cacahan 0,25 % ,dengan nilai kuat lentur sebesar 3,91 MPa, pada penambahan cacahan 0,35 % diperoleh kuat lentur sebesar 3,67 MPa, dan pada penambahan cacahan 0,45 % kuat lentur beton berkurang dari kuat lentur beton normal dengan nilai kuat lentur sebesar 3,20 MPa.

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan di depan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengujian kuat lentur pada balok beton normal dengan konsentrasi cacahan plastik 0% diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 4,12 MPa.
2. Pengujian kuat lentur balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,50% diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 4,33 MPa, nilai kuat lentur pada balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,5% meningkatkan kuat lentur beton sebesar 5,08 % dari kuat lentur beton normal.
3. Pengujian kuat lentur balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,70% diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 4,21 MPa, nilai kuat lentur pada balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,7% meningkatkan kuat lentur beton sebesar 2,19 % dari kuat lentur beton normal.
4. Pengujian kuat lentur balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,90% diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 3,97 MPa, nilai kuat lentur pada balok beton dengan konsentrasi cacahan plastik 0,9% menurunkan kuat lentur beton sebesar 3,64 % dari kuat lentur beton normal.
5. Penggunaan limbah botol plastik jenis HDPE pada beton dengan persentase cacahan 0,50% dari berat semen mampu mengurangi pencemaran sampah plastik selama ini. Beton dengan mutu 25 MPa dengan volume 1 m³ mengurangi sampah plastik sebanyak

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen P.U. 1968. *SK SNI-03-1968-1990 (Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar)*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 1970. *SK SNI-03-1970-1990 (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus)*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 1989. *SK SNI-S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam))*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 1990. *SK SNI-T-15-1990-03 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal)*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 1994. *SK SNI-15-2049-1994 (Semen Portland)*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 1998. *SK SNI-03-4804-1998 (Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat)*, LPMB, Bandung.
- Departemen P.U. 2002. *RSNI S-05-2002 (Spesifikasi Beton Serat dan Beton Semprot)*, LPMB, Bandung.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.
- Sina, Dantje. 2010. *Pedoman Praktikum Beton*, Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Chandra J. 2008. *Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene (PP) pada Kuat Tarik dan Kuat Lentur Beton*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mahendya B. 2008. *Penggunaan Limbah botol Plastik (PET) sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser*, Fakultas Teknik. ITB, Bandung

^{1,2)}Dosen Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

³⁾Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana