BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah merupakaan masalah yang sangat kompleks di daerah perkotaan.Oleh karena itu pembangunan dan pengolahan sampah perlu di diatur oleh pemerintah agar lebih disiplin dalam pembuangan dan pengolahan sampah pada tempatnya, sehingga menciptakan lingkungan yang sehat dan bersih. Penggunaan plastik memang terus mengalami peningkatan dari tahun ketahun, menyebabkan sampah plastik pun terus bertambah. Oleh karena itu perlu adanya penanganan khusus terhadap sampah plastik. Limbah Plastik tersebut dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran beton.

Hingga saat ini plastik menjadi barang yang pemakaiannya sangat luas dan Dapat dikatakan tidak dapat dilepaskan dari kehidupan sehari-hari. Plastik merupakan salah satu jenis anorganik yang mana tidak semua jenis ini tidak dapat di daur ulang. Botol plastik bekas merupakan salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan mudah. Penggunaannya sebagai bahan tambah beton merupakan salah satu alternatif untuk menanggulangi limbah atau sampah plastik yang ada.

Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Nurul Aisyah Aziz (2020), Penggantian agregat kasar dengan plastik PET sampai 20%, menurunkan berat volume beton sebesar 13%. Pengujian mekanis pada beton diperoleh bahwa semakin besar penambahan kandungan plastik PET, semakin besar penurunan

kekuatan tekan, kekuatan lentur, kekuatan tarik, dan modulus elastisitas beton. Hasil SEM memperlihatkan bahwa partikel PET tidak tercabut dari matriks beton dan mampu mentransfer beban, sehingga penambahan partikel PET mampu meningkatkan daktalitas beton.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmad (2017), menunjukkan bahwa pada penggunaan limbah plastik tersebut rata – rata kuat tekan beton mengalami penurunan kekuatan seiring dengan penambahan limbah botol plastik PET pada beton, hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan plastik PET pada beton daya rekat khususnya didaerah sekitar penambahan plastik PET tersebut mengalami penurunan. Berdasarkan hasil uji kuat lentur, variasi dan prosentase yang paling optimal dalam meningkatkan kuat lentur adalah penambahan PET dan resin sebanyak 0,3% yang mampu meningkatkan kuat lentur beton sebanyak 51.78% dibandingkan dengan yang tanpa penambahan serat plastik. Model keruntuhan yang terjadi pada semua variasi benda uji yaitu keruntuhan lentur dikarenakan retakan beton terjadi pada daerah tengah bentang dan searah tegak lurus sumbu balok.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fitriatul Maulisa (2021), menunjukkan Pengaruh penggunaan serat botol plastik PET sebagai pengganti agregat kasar menurun kuat tekan beton hingga 2%. Workability beton menurun setelah ditambahkan serat cacahan botol plastic (PET) hal ini disebabkan karena penambahan fraksi yang mengisi rongga yang kosong pada beton. Sehingga kuat tekan beton normal lebih besar dari pada kuat tekan beton yang disubsitsikan dengan limbah botol plastik (PET) dengan berbagai variasi.

Pemanfaatan limbah plastik terhadap kuat lentur balok beton yang dapat merubah bentuknya sangat diharapkan oleh masyarakat, sehingga keberadaannya tidak mengganggu lingkungan lagi. Dalam hal ini penulis mencoba mengangkat mengenai pemanfaatan limbah plastik terhadap kuat lentur balok beton, dengan judul "Pemanfaatan Limbah Plastik Terhadap Kuat Lentur Balok Beton". Sampel yang digunakan sebagai bahan untuk penelitian ini berasal dari Kel. Lappade Kec. Ujung Kota Parepare Sulawesi Selatan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis mengambil satuan rumusan masalah.

1. Berapakah nilai kuat tekan beton dengan bahan campuran limbah plastik?
2. Berapakah nilai kuat lentur balok beton dengan bahan campuran limbah plastik?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penulisan ini yaitu:

1. Menganalisis besar nilai kuat tekan balok beton dengan bahan campuran limbah plastik.
2. Menganalisis besar nilai kuat lentur balok beton dengan bahan campuran limbah plastik.

D. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen PCC merek bosowa

2. Kuat tekan (fc) beton normal dan beton limbah plastik dengan diameter silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari.
3. Kuat lentur (fr) beton normal dan beton limbah plastik dengan spesimen balok 15 x 15 x 60 cm pada umur 28 hari.
4. Jumlah sampel yang digunakan tiap kali pengujian sebanyak 3 buah dan total sampel sebanyak 36 buah, hal ini telah memenuhi standar SNI 2847-2013 tentang jumlah minimal setiap sampel yang dibuat.
5. Plastik yang digunakan berukuran 10 mm-20 mm sebagai bahan tambah campuran 1%, 2%, dan 3 % yang berasal dari Kel. Lappade Kec. Ujung Kota Parepare Sulawesi Selatan
6. Pemeriksaan, pembuatan, benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

E. Sistematika Penelitian

Untuk memberi gambaran mengenai keseluruhan isi tulisan ini, maka di bawah ini kami menguraikan secara singkat tentang isi setiap bab yang dibahas sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Uraian mengenai bab ini berisikan teori tentang definisi beton, beton serat, bahan penyusun beton, kekuatan tekan dan lentur beton, dan Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Merupakan bab yang menjelaskan tentang sistematika penelitian, pelaksanaan penelitian seperti penentuan lokasi, pengambilan sampel, alat dan bahan penelitian dan langkah-langkah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data-data dan hasil laboratorium dari data yang telah diperoleh sehubungan dengan judul penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan dan saran yang di dasarkan pada penelitian di laboratorium yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Beton merupakan bahan bangunan campuran yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*admixture* atau *aditive*). Berbagai bahan tambah digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan kualitas beton.Salah satu bahan tambah yang di gunakan adalah serat. Beton serat adalah beton yang di buat terutamadari semen hidrolik, agregat, dan serat penguat. Serat yang cocok untuk memperkuat beton telah di produksi dari baja, kaca, dan polimer (serat sintetis). Untuk serat alami seperti rami juga digunakan untuk penguatan. Salah satu manfaat terbesar yang bias diperoleh dengan menggunakan penguat serat yaitu dapat ditingkatkan servis jangka panjang dari struktur atau produk. Servis adalah kemampuan struktur atau bagian tertentu untuk mempertahankan dan integritas dan untuk meningkatkan waktu layan.

B. Beton Serat

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

C. Sifat Sifat Beton

1. Beton segar

Kemudahan pengerjaan (*Workability*), umumnya dinyatakan dalam besaran nilai slump (cm) dan dipengaruhi oleh:

a. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton.Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur – unsur yang mempengaruhinya antara lain:

1) Jumlah air pencampur, semakin banyak air, semakin mudah dikerjakan
2) Kandungan semen jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.

3) Gradasi campuran pasir – kerikil Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4) Bentuk butiran agregat kasar agregat berbentuk bulat (*guli*) lebih mudah dikerjakan.
5) Butir maksimum
6) Cara pemadatan dan alat pemada

b. Pemisahan kerikil (*Segregation*)

Kecenderungan butir – butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, campuran kurus atau kurang semen.Kedua, terlalu banyak air. Ketiga, besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm. keempat, semakin besar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi. Kecenderungan terjadinya segregasi ini dapat dicegah jika:

1) Tinggi jatuh diperpendek
2) Penggunaan air sesuai dengan syarat
3) Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
4) Ukuran agregat sesuai dengan syarat
5) Pemadatan baik

c. Pemisahan air (*Bleeding*)

Kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini membawa semen dan

butir – butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). Bleeding ini dipengaruhi oleh:

1) Susunan butir agregat jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.
2) Banyaknya air semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding
3) Kecepatan hidrasi semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding
4) Proses pemadatan pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya bleeding

Bleeding ini dapat dikurangi dengan cara:

1) Memberi lebih banyak semen
2) Menggunakan air sesedikit mungkin
3) Memasukan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus

2. Beton keras

a. Sifat jangka pendek

Kuat tekan, dipengaruhi oleh:

1) Perbandingan air semen dan tingkat pemadatan
2) Jenis semen dan kualitasnya
3) Jenis dan kekasaran permukaan agregat
4) Pada keadaan normal, kekuatan bertambah sesuai dengan umur
5) perawatan

Kuat tarik Kuat tarik beton berkisar 1/18 kuat tekan beton saat umurnya masih muda dan menjadi 1/20 sesudahnya. Kuat tarik berperan penting dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu.

Kuat geser Didalam prakteknya, kuat tekan dan tarik selalu diikuti oleh kuat geser.

b. Sifat jangka panjang

Rangkak adalah peningkatan deformasi (*regangan*) secara bertahap terhadap waktu akibat beban yang bekerja secara konstan, dipengaruhi oleh:

1) Kekuatan rangkak berkurang bila kuat tekan makin besar
2) Perbandingan campuran. Bila FAS berkurang maka rangkak berkurang
3) Agregat. Rangkak bertambah bila agregat halu dan semen bertambah banyakn umur.
4) Kecepatan rangkak berkurang sejalan dengan umur beton.

Susut adalah berkurangnya volume beton, jika terjadi kehilangan kandungan uap air akibat penguapan, dipengaruhi oleh:

1) Agregat berperan sebagai penahan susut pasta semen
2) Faktor air semen, efek susut makin besar jika FAS makin besar
3) Ukuran elemen beton, laju dan besarnya penyusutan berkurang jika volume elemen beton makin besar.

D. Fungsi Agregat Pada Beton

Dalam beton agregat (agregat kasar dan agregat halus) mengisi sebagian besar volume beton yaitu berkisar antara 60% sampai 80% sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat dan mutu beton (Samekto dan Candra, 2001).adapun fungsi penggunaan agregat dalam beton adalah untuk:

a. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
b. Dengan gradasi yang baik maka akan didapatkan beton yang padat.
c. Mengontrol workability atau sifat dapat dikerjakan aduk beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan atau memiliki workability yang baik.

Semakin banyak bahan batuan yang digunakan dalam beton, maka semakin hemat penggunaan semen Portland sehingga semakin murah harganya. Tentu saja dalam penggunaan agregat tersebut ada batasnya, sebab pasta semen diperlukan untuk pelekatan butir-butir dalam pengisian rongga-rongga halus dalam beton. Karena bahan batuan tidak susut, maka susut pengerasan hanya disebabkan oleh adanya pengerasan pasta semen. Semakin banyak agregat, semakin berkurang susut pengerasan betonnya. Gradasi yang baik pada agregat dapat menghasilkan beton yang padat sehingga volume rongga berkurang dan penggunaan semen Portland berkurang pula. Susunan beton yang padat dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang besar. Workability adukan beton plastis dapat diusahakan dengan menggunakan gradasi agregat yang baik. Tetapi gradasi untuk mobilitas yang baik memerlukan butir-butir berlapis pasta semen

untuk dapat memudahkan gerak adukan betonnya, sehingga butir-butir tidak dapat saling bersinggungan.

Selain kekuatan pasta semen, hal ini yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Seperti yang telah dijelaskan, proporsi campuran agregat dalam beton 70-80 %, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi tekniknya. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya.

Agregat yang digunakan dalam beton berfungsi sebagai bahan pengisi, namun karena prosentase agregat yang besar dalam volume campuran, maka agregat memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton (Mulyono, 2003). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap agregat adalah sebagai berikut:

a. Perbandingan agregat dan semen campuran
b. Kekuatan agregat
c. Bentuk dan ukuran
d. Tekstur permukaan
e. Gradasi
f. Reaksi kimia
g. Ketahanan terhadap panas

E. Material Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Namun dalam penelitian kali ini juga menggunakan daur ulang limbah plastik. Penjelasan lebih lanjut bahan-bahan penyusun beton.

1. Semen Portland (PC)

   Semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen potland 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 ditambahkan dengan bahan lain.

   Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, sedangkan jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk mortar semen, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuaran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi.

   a. Jenis – jenis Semen Portland

      Semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

      1) Jenis I : Semen Portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2) Jenis II : Semen Portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3) Jenis III : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
4) Jenis IV : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
5) Jenis V : Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat

b. Bahan penyusun semen

Bahan utama pembentuk Semen Portland adalah kapur (CaO), silika (SiO2), alumunia (Al2O3), besi (Fe2O3), magnesia (MgO), sulfur (SO3), soda/potash (K2O, Na2O) adapun komponen – komponen semen yang baik memeiliki komposisi seperti tertera di tabel.

Tabel 2. 1. Susunan Unsur Semen (*Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996*)

Oksida	**Komposisi (%)**
CaO	60 – 65
SiO_2	17 – 25
Al_2O_3	3 – 8
Fe_2O_3	0,5 – 6
MgO	0,5 – 4
SO_3	1 – 2
K_2O, Na_2O	0,5 – 1



Gambar 2. 1. Semen Bosowa

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang mengisi hampir 78% dari volume beton, maka agregat harus diperhatikan.

Agregat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar cara membedakannya berdasarkan pada ukuran butiran – butirannya.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no. 4). Pada umumnya agregat halus yang dipergunakan sebagai bahan dasar pembentuk beton adalah pasir alam, sedangkan pasir yang dibuat dari pecahan batu umumnya tidak cocok untuk pembuatan beton dikarenakan biasanya mengandung partikel yang terlalu halus yang terbawa pada saat pembuatannya.

Menurut Tjokrodimulyo, agregat halus adalah pasir alam sebagai desintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industry

pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

1) Pasir Galian

   Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebabs dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2) Pasir Sungai

   Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat – bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan butiran agak kurang karena bentuk butirannya bulat.

3) Pasir laut

   Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir – butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ni menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai dalam kontruksi beton.

Pasir di dalam campuran beton sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (workability), kekuatan (strenght), dan tingkat keawetan (durability) dari beton yang dihasilkan. Untuk memperoleh hasil beton yang seragam, mutu pasir harus dikendalikan agar memenuhi

gradasi dan persyaratan yang ditentukan. Batasan susunan butiran agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 2. Batasan Susunan Butiran Agregat Halus

Ukuran saringan (mm)	%Lolos saringan/ayakan			
	Pasir kasar Gradasi no.1	Pasir sedang Gradasi no.2	Pasir agak halus Gradasi no.3	Pasir halus Gradasi no.4
9,6	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	90 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	F. – 15

b. Agregat kasar

Menurut Tjokrodimulyo, agregat kasar yaitu berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5mm dan ukuran maksimal 40 mm, Agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu:

1) Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5 sampai 2,7 gram/cm^3. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis antara 2,3 gram/cm^3

2) Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm^3, misalnya magnetic (FeO4) atau serbuk besi. Beton

yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm^3. Penggunaannya biasanya sebagai pelindung dari radiasi.

3) Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gram /cm^3 yang biasanya dibuat untuk beton non structural atau dinding. Keuntungan dari menggunakan agregat ini adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan.

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (5 cm). Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah dan limbah marmer. Diisyaratkan dalam penggunaan agregat kasar ini sesuai dengan SII 0052 – 1980 dan ASTM C 33 – 90.

Tabel 2. 3. Batasan susunan butiran agregat kasar

Ukuran saringan (mm)	% Lolos saringan/ayakan		
	Ukuran maks 10 mm	Ukuran maks 20 mm	Ukuran maks 40 mm
76	100 – 100	100 – 100	100 – 100
38	100 – 100	100 – 100	95 – 100
19	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,8	0 – 50	0 – 10	0 – 50

3. Air

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air yang biasanya digunakan untuk campuran

beton biasanya sesuai dengan air yang dipakai untuk air minum. Untuk menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 persen biasanya digunakan air suling.

Air yang digunakan dalam pembuatan beton bertujuan untuk membantu semen bereaksi dan dijadikan pelumas antara butir-butir agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan untuk pembuatan beton biasanya berkisar 25% dari jumlah berat semen.

Dilapangan biasanya faktor air semen yang digunakan lebih dari 0,35 (35%), sedangkan kelebihan air 25%-nya digunakan sebagai pelumas. Namun, kelebihan air dalam adukan dapat membahayakan karena air bersama dengan semen akan bergerak ke permukaan adukan beton proses ini sering disebut sebagai *bleeding*. Dan juga air yang digunakan dalam pembuatan beton jika mengandung kotoran maka dapat mempengaruhi proses waktu ikatan awal pada adukan beton yang membuat lemahnya kekuatan beton setelah mengeras dan dapat manurunkan daya tahan beton.

a. Sumber-sumber Air

Air yang dipergunakan dalam campuran beton dapat diperoleh dari beberapa sumber. Namun dari beberapa sumber tersebut ada yang dapat digunakan dan adapula yang tidak dapat digunakan. Ada beberapa air yang tidak dapat digunakan untuk campuran beton diantaranya sebagai berikut:

1) *Air Laut*, merupakan air yang berasal dar laut dan mengandung 3,5% garam. Garam-garam tersebut dapat mengakibatkan korosi yang

mampu membuat kekuatan beton menurun. Sehingga, air laut tidak dapat digunakan untuk campuran beton.

2) *Air Buangan Industri*, merupakan air yang memiliki kandungan asam dan alkali yang dapat memperlambat ikatan awal adukan beton.
3) *Air Permukaan*, merupakan air yang dibagi menjadi air sungai, air danau dan situ, air genangan dan air reservoir. Air rawa-rawa atau air genangan tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beton, kecuali telah melalui pengujian kualitas air terlebih dahulu.

b. Syarat-syarat Umum Air

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air yang memenuhi syarat sebagai berikut:

1) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya)nlebih dari 15 gram/liter.
3) Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

c. Pemilihan pemakaian air

Pemilihan air yang digunakan dalam campuran beton sebaiknya air yang telah melalui proses pengujian kualitasnya. Jika air yang digunakan berasal dari sumber yang belum terbukti memenuhi syarat, maka lebih baik dilakukan pengujian tekan mortar yang dibuat dengan menggunakan air tersebut kemudian dibandingkan dengan campuran mortar yang

menggunakan air suling. Hasil pengujian (pada usia 7 hari dan 28 hari) kubus , adukan yang dibuat dengan campuran air yang tidak dapat diminum paling tidak harus mencapai 90% dari kekuatan specimen yang dihasilkan yang dibuat serupa dengan air yang dapat diminum. Untuk perawatan dan pembuatan beton air yang digunakan juga tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lain yang dapat merusak beton dan tulangannya. Air yang diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan bemebrikan kemudahan dalam pekerjaan beton

F. Limbah Plastik

Plastik adalah polimer yang terbentuk dari polimerisasi partikel-partikel kecil yang membentuk rantai yang panjang dan struktur yang kaku. Plastic merupakan salah satu hasil penemuan manusia yang paling banyak digunakan hingga saat ini.

Plastik dapat dikelompokan menjadi dua golongan yaitu plastik *temoplast* dan plastik *thermoset*. Plastik *temoplast* merupakan plastik yang dapat dicetak berulang-ulang contohnya: PP (*polypropylene*), PE, ABS (*acrylone butadiene styrene*), *nylon*, PET (*polyethylene perephtalate*), dan lain-lain. Sedangkan plastik *thermoset* merupakan plastic yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali contohnya: PU (*poly urethane*), UF (*urea formaldehyde*), *Polyster*, epoksi, dan lain-lain.

Pada penelitian ini yang dipake adalah biji plastik yang terbuat dari limbah plastik *Temoplast*. Biji plastik tersebut berukuran 10-20 mm. pemanfaatan

biji plastic yang dicampur dengan pasta semen merupakan salah satu penerapan dari *sustainable development*. Biji plastik ini digunakan sebagai serat pada beton dan diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur pada balok beton.



Gambar 2. 2. Limbah Plastik

G. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan perhitungan untuk mencari besarnya beban yang dapat membuat sebuah objek uji coba menjadi hancur ketika mencapai tekanan tertentu.Dalam hal ini,beton akan diuji coba dangan di terapkan beban yang di letakkan di atasnya untuk menilai ketahanan dan Beban.

Dengan mengatahui kuat tekan beton ini,maka rumah yang dibangun akan lebih kokoh dan dapat tahan terhadap segala jenis gungcangan bersakala ringan hingga sedang.Maka dari itu,apabila Anda memiliki proyek pembangunan rumah,sangat penting untuk melakukan perhitungan kuat tekan beton dengan tepat memengaruhi kualitas akhir suatu bangunan

Rumus kuat tekan beton ini cukup sederhana.Adapun rumus dari kuat tekan beton sebagai berikut.

$$fc = P/A \quad (1)$$

Keterangan dari rumus di atas adalah :

fc = Kuat tekan beton

P = Beban runtuh yang dapat diterima oleh beton

A = Luas beton

Konversi Kuat Tekan Beton

Berikut ini merupakan rincian konversi kuat tekan beton sesuai dengan perhitungan standar,yaitu:

Ukuran beton 175 kg/cm^2 memiliki modulus elastisitas sebesar 15 MPa

Ukuran beton 225 kg/cm^2 memiliki modulus elastisitas sebesar 19 MPa

Ukuran beton 275 kg/cm^2 memiliki modulus elastisitas sebesar 23 MPa

Ukuran beton 300 kg/cm2 memiliki modulus elastisitas sebesar 25 MPa

Ukuran beton 350 kg/cm^2 memiliki modulus elastisitas sebesar 29 MPa

Ukuran beton 400 kg/cm^2 memiliki emodulus elastisitas sebesar 33 MPa

H. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton tanpa tulangan berpenampang 15 cm x 15 cm dengan panjang 60 cm untuk memikul tegangan lentur akibat momen lentur yang diletakkan pada dua perletakan. Satuan untuk menyatakan kuat lentur beton dinyatakan dalam satuan mega pascal (MPa).

Pada pengujian kuat lentur beton, pembebanan balok benda uji diberikan pada tiap titik pertigaan bentang balok beton,pembebanan balok beton dilakukan hinggah balok beton mengalami keruntuhan.

Bidang gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan pada pertigaan bentang balok beton ditunjukkan pada gambar 2.2 pada diagram gaya dalam menunjukkan bahwa momen lentur maksimum terjadi pada sepetiga bentang yang berada di tengah.

Pembebanan dilakukan pada titik pertigaan bentang balok bertujuan untuk memperoleh hasil keruntuhan yang di sebabkan oleh memon lentur.Rumus kuat lentur beton berdasarkan percobaan dinyatakan pada persamaan:

$$fr = \frac{3pa}{bh^2} \qquad (2)$$

Keterangan :

fr = kuat lentur beton (MPa).

P = Beban pada waktu lentur (kN)

L = Panjang bentang antar perletakan (mm)

a = sepertiga panjang bentar perletakan (mm)

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok (mm)

I. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik terhadap kuat lentur balok beton yang pernah dilakukan beserta hasil penelitiannya antara lain sebagai berikut:

1. Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Serat Pada Beton (Syarif Hidayatullah, 2017).

   Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton tertinggi pada variasi 0,6% yaitu 9,47% dari jumlah beton normal. Untuk kekuatan tarik belah mengalami peningkatan tertinggi pada variasi 0,6% yaitu sebesar 39,53% . Dan kuat lentur mengalami peningkatan tertinggi pada variasi 0,8% yaitu 19,44% dari jumlah beton normal. Itu hasil penelitian menunjukkan penambahan cacahan 1-3 mm dengan panjang 5 cm pada Botol Plastik sebagai serat dalam campuran beton dapat meningkatkan sifat mekanik beton, khususnya beton kuat tekan, kuat tarik sisi beton, dan kuat lentur.

2. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Botol Air Mineral Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Kuat Lentur Beton (Mufida Rahma Widiarini, 2023).

   Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan PET pada beton mengalami penurunan kuat tekan beton, namun meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur. Nilai slump yang menurun dari 11 cm sampai 5,5 cm seiring dengan penambahan cacahan PET. Kuat tekan beton pada beton normal sebesar 29,243 MPa, sedangkan dengan penambahan PET panjang 1 cm pada persentase 0,4% sebesar 27,899 MPa dan dengan panjang 2 cm persentase 0,6% sebesar 26,942 MPa. Nilai kuat tarik belah penambahan PET tertinggi pada panjang 1 cm dengan persentase 0,4% sebesar 2,937 MPa dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 2,804 MPa. Nilai kuat lentur beton penambahan PET tertinggi pada panjang 1 cm

dengan persentase 0,4% sebesar 5,014 MPa dan pada panjang 2 cm dengan persentase 0,6% sebesar 4,826 MPa.

3. Pengaruh Penambahan Serat Plastik PET (*Polyethylene Terepthalate*) Pada Beton Normal Terhadap Kuat Lentur (Ahmad, 2017).

   Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada penggunaan limbah plastik tersebut rata – rata kuat tekan beton mengalami penurunan kekuatan seiring dengan penambahan limbah botol plastik PET pada beton, hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan plastik PET pada beton daya rekat khususnya didaerah sekitar penambahan plastik PET tersebut mengalami penurunan. Berdasarkan hasil uji kuat lentur, variasi dan prosentase yang paling optimal dalam meningkatkan kuat lentur adalah penambahan PET dan resin sebanyak 0,3% yang mampu meningkatkan kuat lentur beton sebanyak 51.78% dibandingkan dengan yang tanpa penambahan serat plastik. Model keruntuhan yang terjadi pada semua variasi benda uji yaitu keruntuhan lentur dikarenakan retakan beton terjadi pada daerah tengah bentang dan searah tegak lurus sumbu balok.

4) Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Kuat Lentur Beton (Dantje A. T. Sina, 2015).

   Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat di dapatkan hasil sebagai berikut :

   a. Pengujian kuat lentur pada balok beton normal dengan konsentrasi cacahan plastik 0% diperoleh nilai kuat lentur rata-rata sebesar 4,12 MPa.

b. 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.

c. 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.

d. 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.

e. 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

5) Kinerja Cacahan Limbah Plastik HDPE Terhadap Kuat Lentur Beton (Mukhlis, 2022)

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan penelitian ini, maka dapat di ambil kesimpulan Pada pengujian kuat lentur pada benda uji balok terjadi

penurunan kuat lentur seiring dengan pertambahan variasi cacahan limbah plastik dengan penurunan maksimum pada variasi 1.5% sebesar 27.20%. Pola retak yang dihasilkan merupakan retak lentur, dimana retak lentur yang dihasilkan semakin memanjang seiring dengan pertambahan variasi cacahan plastik. Ini menunjukan limbah plastik tidak berperan meningkatan nilai kuat lentur dari balok.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian pemanfaatan limbah plastik terhadap kuat lentur balok beton ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang dengan sengaja peneliti membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan yang kemudian diteliti bagaimana akibatnya. Proses pada penelitian ini adalah dengan membuat komposisi campuran beton dengan menggunakan tambahan limbah plastik sebagai pengganti sebagian agregat halus pada pembuatan beton sebagai kelompok eksperimen.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Labolatorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang Kota Parepare

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 4 (empat) bulan lamanya pada bulan Oktober 2022 sampai Januari 2023.

Tabel 3. 1. Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Uraian Kegiatan	2022				2023
		September	Oktober	November	Desember	Januari
1	Pembuatan proposal					

Lanjutan Tabel 3.1

No	Uraian Kegiatan	2022				2023
		September	Oktober	November	Desember	Januari
2	Persiapan alat dan bahan					
3	Pemeriksaan bahan					
4	Pembuatan benda uji					
5	Pengujian benda uji					
6	Analisa data					

C. Alat dan Bahan

Dalam pelaksaan penelitian ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan.merealisasikan pelaksaan penelitian. Adapun alat dan bahan yang di butuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Alat dan bahan penelitian

No	Uraian
1	Semen Portland
2	Agregat halus (Pasir)
3	Air
4	Ayakan
5	Timbangan
6	Gelas ukur
7	Cincin Conic dan tongkat pemadatnya
8	Cetakan balok beton
9	Mesin pengaduk
10	Mesin cutter
11	Mesin uji kuat tekan
12	Mesin uji kuat lentur

D. Rencana Penelitian

Langkah-langkah penelitian eksperimen sebagai berikut:

1. Melakukan kajian terhadap penelitian yang hendak dilakukan

2. Mengidentifikasi masalah
3. Melakukan studi literature dari beberapa sumber yang relevan terhadap penelitian yang akan dilakukan
4. Membuat rencana penelitian
5. Melakukan eksperimen penelitian
6. Mengumpulkan data kasar dari proses eksperimen penelitian ini, data yang diperoleh adalah hasil uji coba lab
7. Melakukan analisa data
8. Mendapatkan hasil eksperimen penelitian
9. Membuat kesimpulan.

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Data primer

Pada tahap ini melakukan pengujian semua agregat yang akan dipakai untuk campuran beton karena tidak semua agregat layak digunakan maka dari itu perlu adanya kontrol kualitas bahan sehingga didapatkan sampel dengan mutu yang diinginkan. Adapun beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Labolatorium, yaitu:

a. Analisis saringan agregat
b. Berat jenis dan penyerapan agregat
c. Pemeriksaan keausan (kerikil) dan pemeriksaan kadar organik (pasir)
d. Pemeriksaan berat volume agregat
e. Pemeriksaan kadar air agregat
f. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

g. Perbandingan dlam campuran beton *(Mix design).*

h. Kekentalan adukan beton segar *(Slump test).*

i. Uji kuat tekan dan kuat lentur beton

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai referensi yang memiliki kaitan dengan kaitan dengan penelitian yang dilakukan, baik dari Standar Nasional Indonesia, buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang di lakukan ataupun informasih dari dosen pembimbing di kampus.

Tabel 3. 3. Benda Uji Dan Jumlah Benda Uji

No	Benda uji	Ukuran	Jumlah sampel
1	Silinder beton Normal	15×30 cm	3
2	Silinder beton variasi 1% plastik PET	15×30 cm	3
3	Silinder beton variasi 2% plastik PET	15×30 cm	3
4	Silinder beton variasi 3% plastik PET	15×30 cm	3
5	Balok beton Normal	15×15×60 cm	2
6	Balok beton variasi 1% plastik PET	15×15×60 cm	2
7	Balok beton variasi 2% plastik PET	15×15×60 cm	2
8	Balok beton variasi 3% plastik PET	15×15×60 cm	2

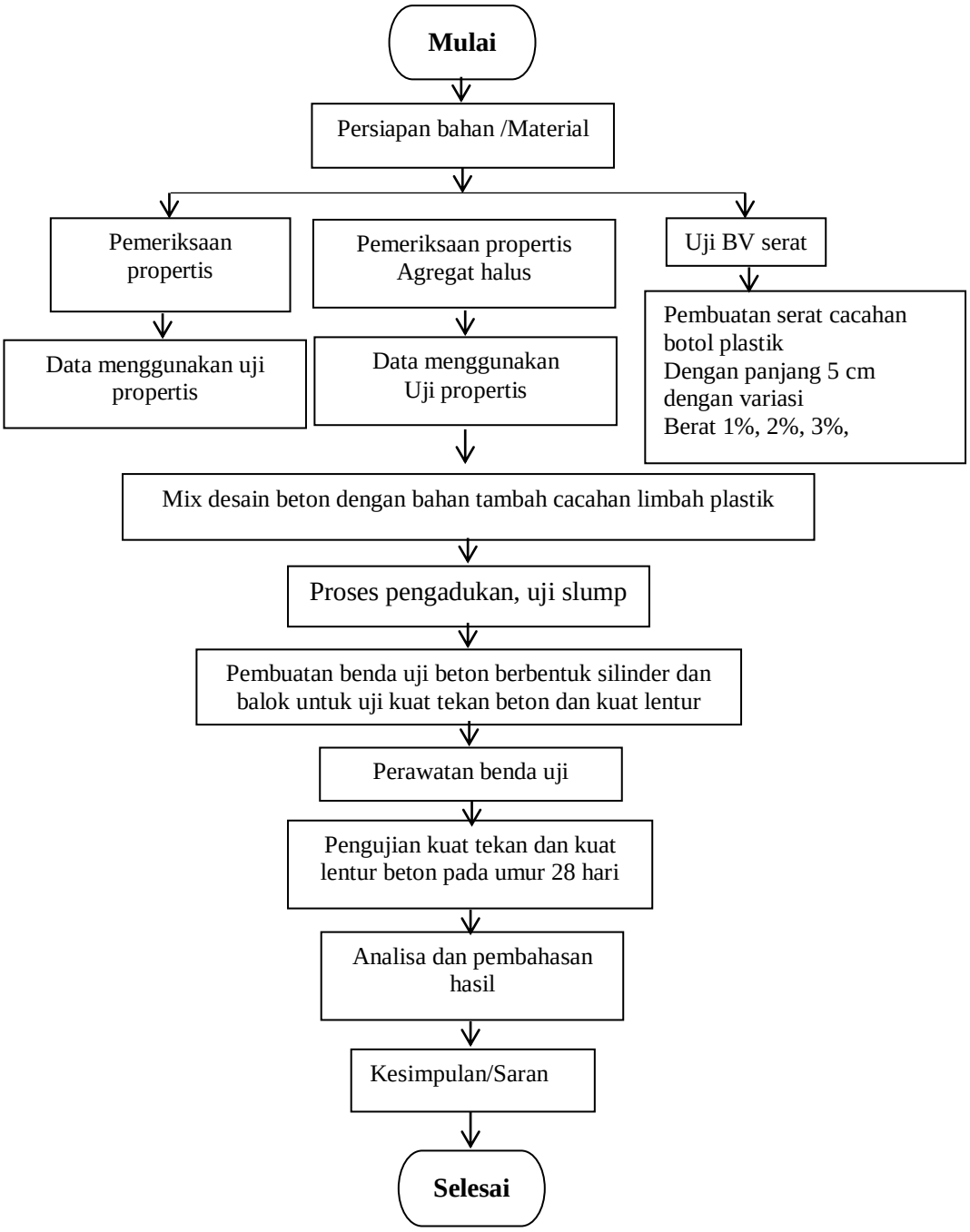
F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu data yang di hasilkan dari pengujian dan penelitian akan dikumpulkan kemudian dilakukan analisa data dengan prosedur yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari analisa data selanjutnya dibuat grafik atau kurva yang dapat

mempermudah dalam menarik kesimpulan, Secara besar analisis data yang akan dilakukan yaitu:

1. Analisis data pengujian agregat yang digunakan dalam campuran beton.
2. Anilisis data perancangan campuran beton.
3. Analisis data uji kuat tekan beton.

G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Material

Sebelum melakukan perancangan campuran (*Mix Design*) terlebih dahulu memeriksa/menguji material yang akan digunakan pada perancangan campuran data yang didapat dari hasil pengujian pada material di laboratorium struktur dan bahan terdapat tabel berikut:

Tabel 4. 1. Hasil pengujian material agregat kasar

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	0,50%	0,5 - 2%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	0,48%	Maksimal 1%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,86	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	0,54%	Maksimal 4%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,61 Kg/liter	1,6 –1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,79 Kg/liter	1,6 –1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Pemeriksaan keausan	8,4%	Maksimal 50%	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat kasar pada beton normal untuk kadar air 0.50%, kadar lumpur 0.48%, berat jenis 2.86, absorsi 0.54%, berat volume lepas 1.61 kg/liter, berat volume padat 1.79 kg/liter dan keausan 8,4%. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 7656:2012

Tabel 4. 2. Hasil pengujian pada material agregat halus

No	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan
1	Kadar air	3,63%	2% - 5%	Memenuhi
2	Kadar lumpur	3,55%	Maksimal 5%	Memenuhi
3	Berat jenis	2,69	1,6 – 3,3	Memenuhi
4	Absorsi	1,80%	0,2% - 2%	Memenuhi
5	Berat volume lepas	1,40 Kg/liter	1,4 –1,9Kg/liter	Memenuhi
6	Berat volume padat	1,62 Kg/liter	1,4 –1,9Kg/liter	Memenuhi
7	Kadar Organik	No. 1	< No.3	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat haluspada beton normal untuk kadar air 2.63%, kadar lumpur 3,55%, berat jenis 2.69, absorsi 1.80%, berat volume lepas 1.40 kg/liter, berat volume padat 1.62 kg/liter dan kadar organik terdapat pada warna no.1. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat kasar yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton, dapat dipakai karena memenuhi standar yang ditentukan pada SNI 7656:2012.

B. *Mix Design*

Rancangan campuran beton dihitung berdasarkan *SNI 7656:2012*, yaitu:

Tabel 4. 3. *Mix design* berdasarkan *SNI 7656:2012*

No	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik umur 28 hari (fc')	25 MPa
2	Nilai margin/nilai tambah (M)	8,20 MPa
3	Kekuatan rata-rata yang hendak dicapai (fcr')	33,36 MPa
4	Jenis semen (PC)	Jenis I
5	Jenis agregat halus	Alami
6	Jenis agregat kasar	Pecah
7	Faktor air semen (FAS)	0,49

Lanjutan Tabel 4.3

No	Uraian	Nilai
8	Slump (untuk plat, balok, kolom, dinding)	75 - 100 mm
9	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10	Daerah gradasi agregat kasar	Zona 1
11	Daerah gradasi agregat halus	Zona 4
12	Berat jenis beton	2321 kg/m^3
13	Kebutuhan air	203,0 liter
14	Kebutuhan semen Portland	411,8 kg/m^3
15	Kebutuhan agregat halus	692,0 kg/m^3
16	Kebutuhan agregat kasar	1074,6 kg/m^3

Maka diperoleh perbandingan antara agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen, dan air untuk kebutuhan campuran beton 1 m^3 yaitu:

a. Pasir = 151,88 kg/m^3
b. Kerikil = 235,88 kg/m^3
c. Semen = 90,38 kg/m^3
d. Air = 44,55 liter

1. Kebutuhan Bahan Silinder

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 36 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan panjang 30 cm, yaitu:

Volume 9 silinder $= 9 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

$= 0{,}048\ m^3$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15%, dengan analisis sebagai berikut:

Volume total 9 silinder = 0,048 + (15% x 0,048)

= 0,048 + 0,0072

= 0,0549 m^3

a. Kebutuhan untuk 9 silinder beton normal

Air = 0,0549 x 203,0 Kg

= 11,14 Kg

Semen = 0,0549 x 411,8 Kg

= 22,59 Kg

Pasir = 0,0549 x 692,0 Kg

= 37,97 Kg

Kerikil = 0,0549 x 1074,6 Kg

= 58,96 Kg

b. Kebutuhan untuk 9 silinder beton variasi 1% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 silinder x 1%

= 0,0061 x 1%

= 0,000061 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah silinder

= 0,000061 x 0,29 x 9

= 0,159 Kg

c. Kebutuhan untuk 9 silinder beton variasi 2% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 silinder x 2%

= 0,0061 x 2%

= 0,00012 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah silinder

= 0,00012 x 0,29 x 9

= 0,318 Kg

d. Kebutuhan untuk 9 silinder beton variasi 3% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 silinder x 3%

= 0,0061 x 3%

= 0,00018 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah silinder

= 0,00018 x 0,29 x 9

= 0,477 Kg

Tabel 4. 4. *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 9 silinder

No	Variasi Campuran	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Plastik PET (Kg)
1	Normal	22,59	58,96	37,97	11,14	0
2	1%	22,59	58,96	37,97	11,14	0,159
3	2%	22,59	58,96	37,97	11,14	0,318
4	3%	22,59	58,96	37,97	11,14	0,477

2. Kebutuhan Bahan Balok

Analisa kebutuhan air, semen, pasir dan kerikil untuk 2 benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15cm × 15cm × 60cm, yaitu:

Volume 2 balok = 2 × 0,15 × 0,15 × 0,6

= 0,027 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume balok sebesar 15%, dengan analisis sebagai berikut:

Volume total 2 balok = 0,027 + (15% x 0,027)

= 0,027 + 0,0041

= 0,0311 m^3

a. Kebutuhan untuk 2 balok beton normal

Air = 0,0311 x 203,0 Kg

= 6,30 Kg

Semen = 0,0311 x 411,8 Kg

= 12,79 Kg

Pasir = 0,0311 x 692,0 Kg

= 21,49 Kg

Kerikil = 0,0311 x 1074,6 Kg

= 33,37 Kg

b. Kebutuhan untuk 2 balok beton variasi 1% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 balok x 1%

= 0,0155 x 1%

= 0,00016 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah balok

= 0,00016 x 0,29 x 2

= 0,09 Kg

c. Kebutuhan untuk 2 balok beton variasi 2% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 balok x 2%

= 0,0155 x 2%

= 0,00031 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah balok

= 0,00031 x 0,29 x 2

= 0,180 Kg

d. Kebutuhan untuk 2 balok beton variasi 3% limbah plastik PET

Berat limbah plastik PET per sampel:

V. limbah plastik PET = volume 1 balok x 3%

= 0,0155 x 3%

= 0,00047 kg

B. limbah plastik PET = V. plastik PET x BV. plastik PET x jumlah balok

= 0,00047 x 0,29 x 2

= 0,270 Kg

Tabel 4. 5. *Mix design* kebutuhan bahan material untuk 2 balok

No.	Variasi Campuran	Semen (Kg)	Kerikil (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Plastik PET (Kg)
1	Normal	12,79	33,37	21,49	6,30	0
2	1%	12,79	33,37	21,49	6,30	0,09

3	2%	12,79	33,37	21,49	6,30	0,18
4	3%	12,79	33,37	21,49	6,30	0,27

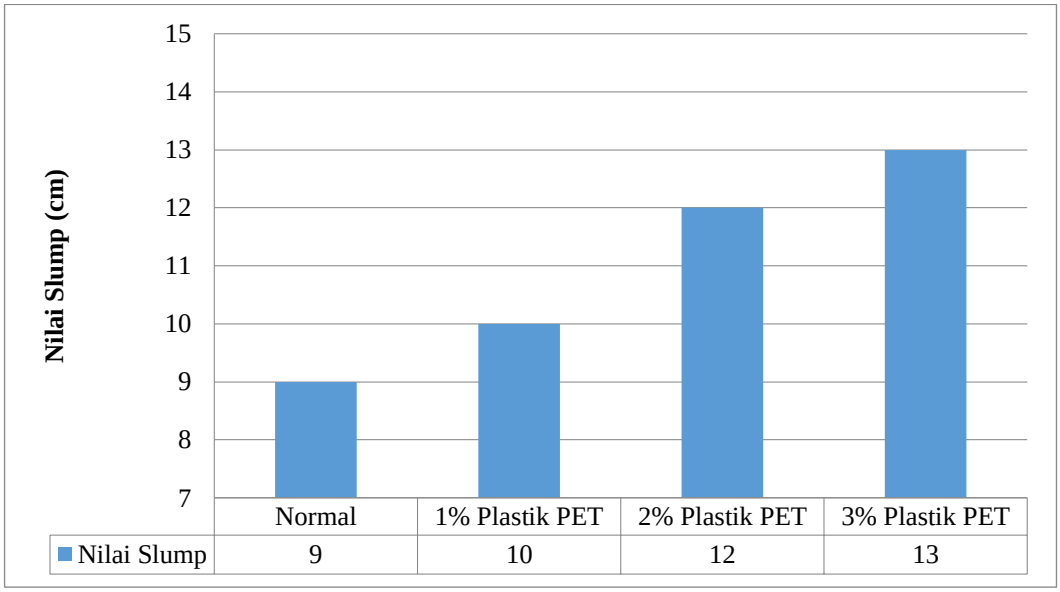
C. Pengujian Nilai Slump

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams,* dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 6. Hasil pengujian nilai *Slump test*

No.	Variasi Campuran	Waktu campur (menit)	Slump rencana (mm)	Slump lapangan (mm)
1	Normal	± 10	75 - 150	9
2	1% Plastik PET			10
3	2% Plastik PET			12
4	3% Plastik PET			13

Berdasarkan Tabel 4.6 memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara beton normal dan beton yang menggunakan variasi campuran limbah plastik PET. Dimana pada beton normal dan variasi penambahan didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi slump rencana.



Gambar 4. 1. Nilai Hasil Uji Slump

Grafik di atas menjelaskan bahwa dari hasil pengujian nilai slump didapatkan nilai slump untuk variasi Normal sebesar 9cm, 1% Plastik PET sebesar 10cm, 2% Plastik PET sebesar12cm, dan 3% Plastik PET sebesar 13cm.

D. Kuat Tekan

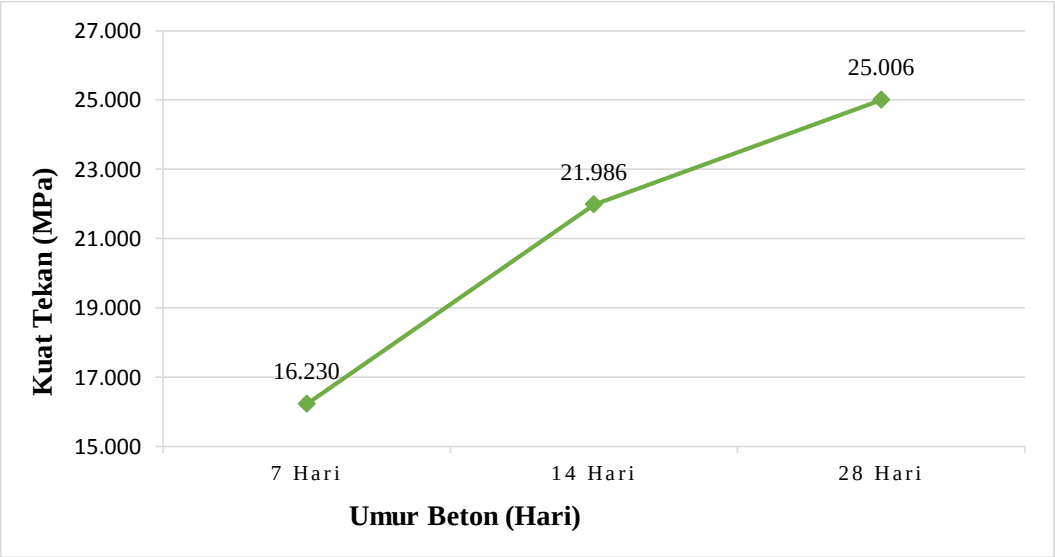
Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji silinder, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 7, 14 dan 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan (f'c) sebesar 25 MPa sebanyak 36 sampel dengan terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu 0% , 1%, 2% dan 3%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 9 (sembilan) sampel untuk kuat tekan dengan luas penampang rata-rata 17662,500 mm^2. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

1. Beton Normal

Tabel 4. 7. Kuat Tekan Beton Silinder Normal

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata (MPa)
7	12,095	290	16,419	16,230
7	12,192	295	16,702	
7	12,165	275	15,570	
14	12,305	375	21,231	21,986
14	12,312	400	22,647	
14	12,202	390	22,081	
28	12,243	425	24,062	25,006
28	12,425	465	26,327	
28	12,417	435	24,628	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata beton normal yang didapat pada umur 7 hari sebesar 16,230 MPa, umur 14 sebesar 21,986 MPa, dan umur 28 hari sebesar 25,006 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman beton semakin tinggi nilai kuat tekan beton.



Gambar 4. 2. Kuat Tekan Beton Normal

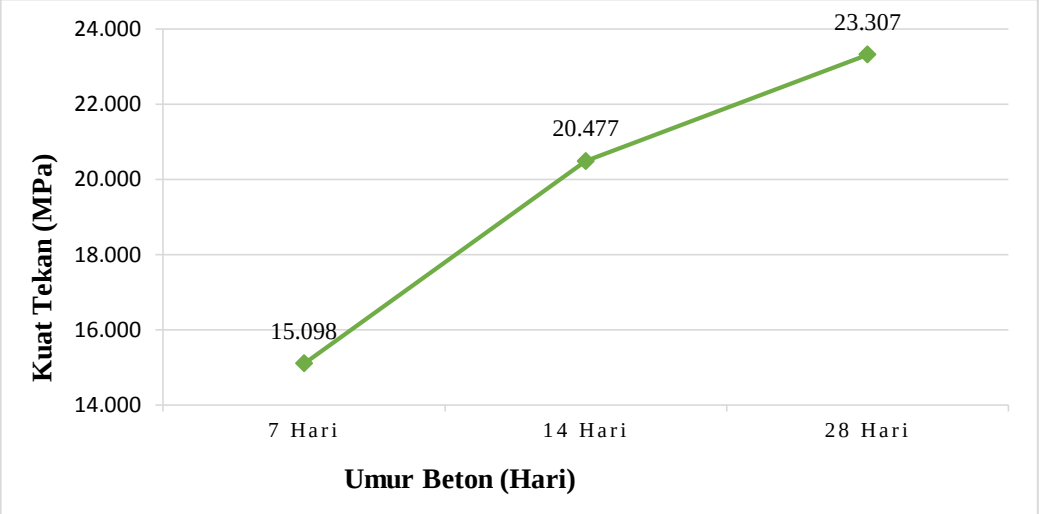
Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton normal pada umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 26% dari umur beton 7 hari, sedangkan pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 12% dari umur beton 14 hari.

2. Beton Variasi 1% Plastik PET

Tabel 4. 8. Kuat Tekan Beton Silinder Variasi 1% Plastik PET

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata (MPa)
7	12,195	250	14,154	15,098
7	12,052	265	15,004	
7	12,064	285	16,136	
14	12,095	370	20,948	20,477
14	12,012	360	20,382	
14	12,112	355	20,099	
28	12,134	405	22,930	23,307
28	12,205	420	23,779	
28	12,224	410	23,213	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata 1% limbah plastik PET yang didapat pada umur beton 7 hari sebesar 15,098 MPa, umur beton 14 sebesar 20,477 MPa, dan umur beton 28 hari sebesar 23,307 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman beton semakin tinggi nilai kuat tekan beton.



Gambar 4. 3. Kuat Tekan 1% Limbah Plastik PET

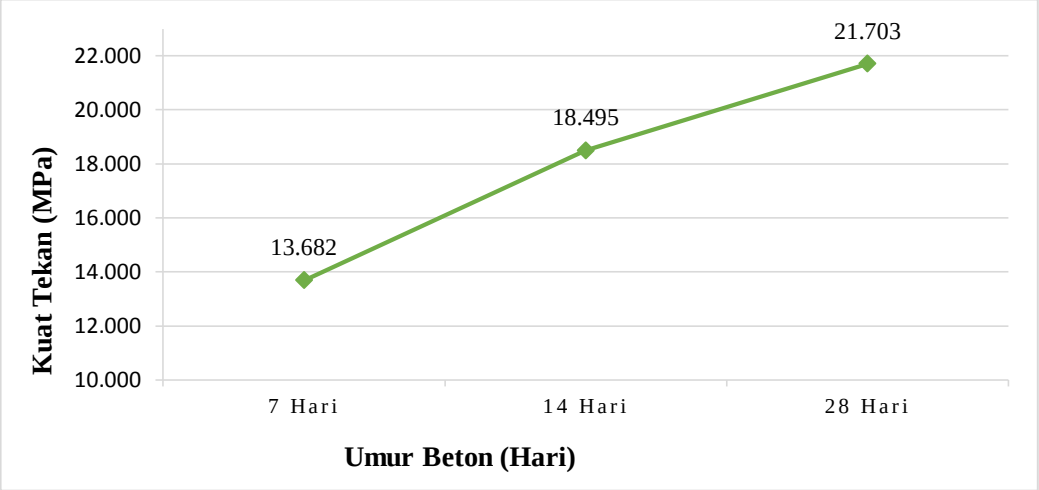
Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton campuran 1% pada umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 26% dari umur beton 7 hari, sedangkan pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 12% dari umur beton 14 hari.

3. Beton Variasi 2% Plastik PET

Tabel 4. 9. Kuat Tekan Beton Silinder Variasi 2% Plastik PET

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata (MPa)
7	12,054	230	13,022	13,682
7	11,922	245	13,871	
7	11,835	250	14,154	
14	11,980	320	18,117	18,495
14	12,043	335	18,967	
14	12,110	325	18,401	
28	12,110	385	21,798	21,703
28	12,128	370	20,948	
28	12,210	395	22,364	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata 2% limbah plastik PET yang didapat pada umur beton 7 hari sebesar 13,682 MPa, umur beton 14 sebesar 18,495 MPa, dan umur beton 28 hari sebesar 21,703 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman beton semakin tinggi nilai kuat tekan beton.



Gambar 4. 4. Kuat Tekan 2% Limbah Plastik PET

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton campuran 2% pada umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 26% dari perendaman 7 hari, sedangkan pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 14% dari umur beton 14 hari.

4. Beton Variasi 3% Plastik PET

Tabel 4. 10. Kuat Tekan Beton Silinder Variasi 3% Plastik PET

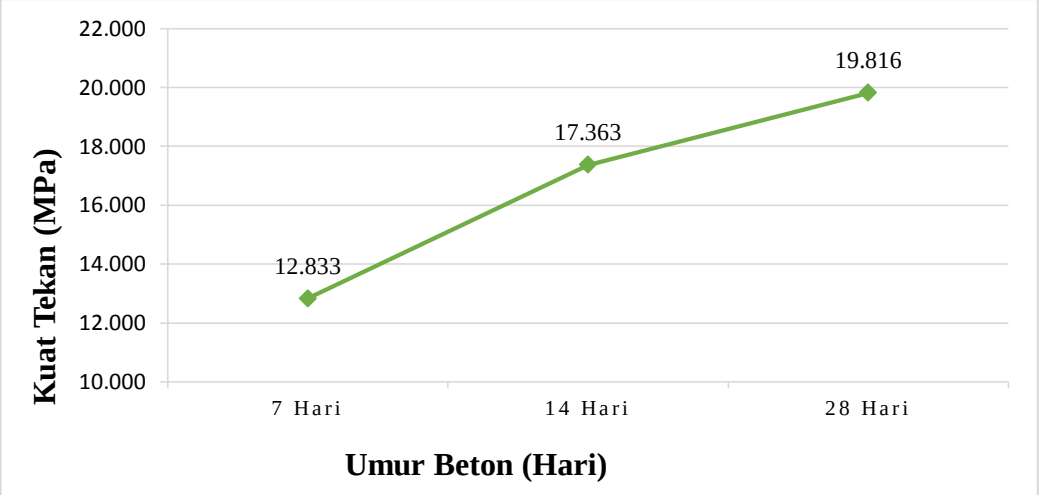
Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata (MPa)
7	11,870	235	13,305	12,833
7	11,956	230	13,022	
7	11,932	215	12,173	
14	11,988	320	18,117	17,363

14	11,972	305	17,268	
14	12,003	295	16,702	

Lanjutan Tabel 4.10

Umur (hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata (MPa)
28	12,127	360	20,382	19,816
28	12,107	340	19,250	
28	12,015	350	19,816	

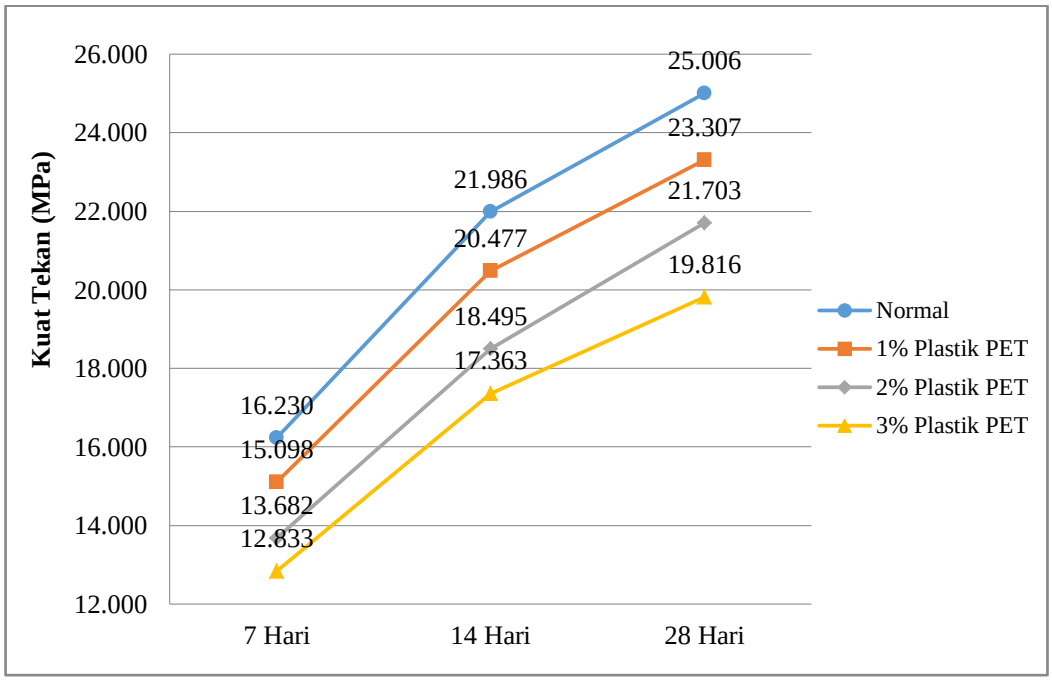
Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata 3% limbah plastik PET yang didapat pada umur beton 7 hari sebesar 12,833 MPa, umur beton 14 sebesar 17,363 MPa, dan umur beton 28 hari sebesar 19,816 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman beton semakin tinggi nilai kuat tekan beton.



Gambar 4. 5. Kuat Tekan 3% Limbah Plastik PET

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat tekan beton campuran 3% pada umur beton 14 hari mengalami kenaikan sebesar 26% dari umur beton 7 hari,

sedangkan pada umur beton 28 hari mengalami kenaikan sebesar 12% dari umur beton 14 hari.



Gambar 4. 6. Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan limbah plastik PET pada campuran beton maka kuat tekan juga semakin menurun. Dan dilihat dari nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada penambahan limbah plastik PET dengan umur beton 28 hari yaitu pada penambahan 1% plastik PET dengan nilai kuat tekan sebesar 23,307 MPa yang mengalami penurunan sebesar 7% dari kuat tekan beton normal yang nilainya 25,006 MPa. Penambahan 2% plastik PET dengan nilai kuat tekan sebesar 21,703 MPa yang mengalami penurunan sebesar 13% dari kuat tekan beton normal. Penambahan 3% plastik PET dengan nilai kuat tekan sebesar 19,816 MPa yang mengalami penurunan sebesar 20% dari kuat tekan beton normal.

Variasi 2% dan 3% plastik PET tidak dapat memberikan pengaruh yang lebih baik pada mutu beton karena nilai kuat tekan yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan beton variasi normal dan variasi 1% plastik PET.

E. Kuat Lentur

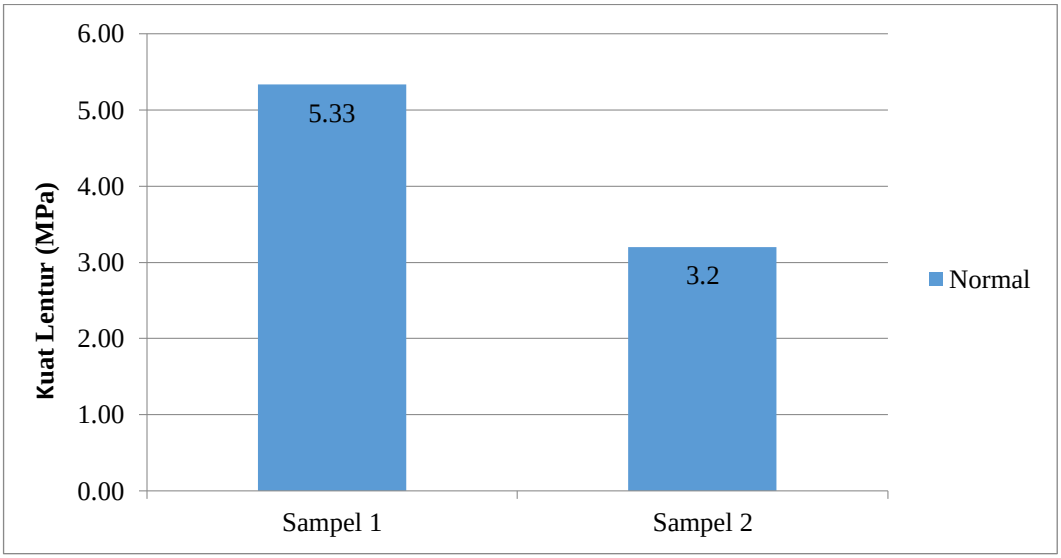
Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji balok, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur benda uji. Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan (f'c) sebesar 25 MPa sebanyak 8 sampel dengan terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu beton normal, 1%, 2%, 3% limbah plastik PET. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 2 sampel. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

1. Balok Normal

Tabel 4. 11. Kuat Lentur Beton Balok Normal

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	2	32,900	10,0	2,667	Retak
	3	32,900	20,0	5,333	Patah
2	2	31,860	1,0	0,267	Retak
	3	31,860	12,0	3,200	Patah

Tabel di atas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 32 kN dengan rata-rata 16 kN dan jumlah *modulus of rapture* 8,53 MPa dengan rata-rata 4,267 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 7. Kuat Lentur Beton Normal

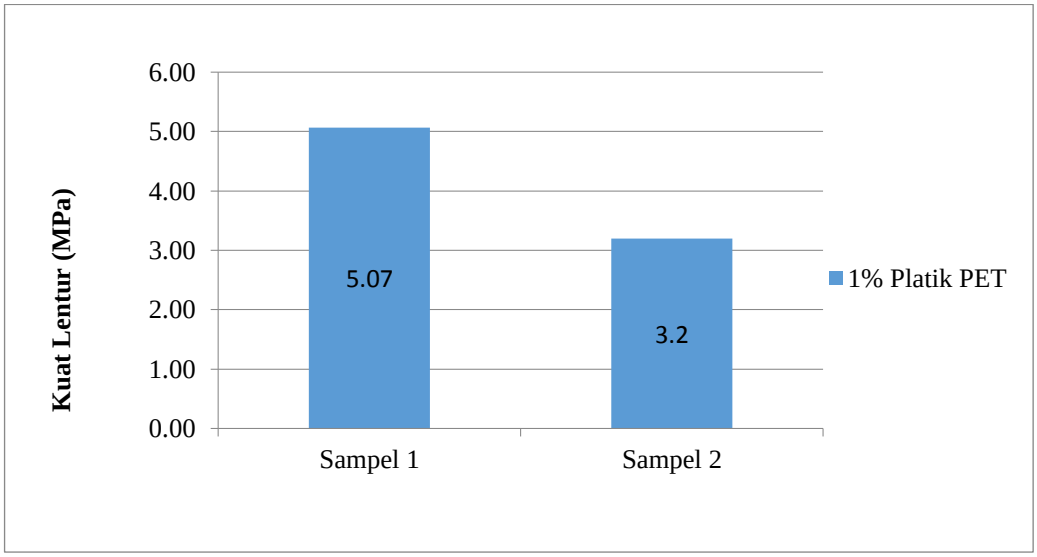
Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi normal sampel 1 sebesar 5,33 MPa dan sampel 2 sebesar 3,2 MPa. Sampel 2 mengalami penurunan dari sampel 1 sebesar 2,13 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 4,267 MPa.

2. Balok Variasi 1% Plastik PET

Tabel 4. 12. Kuat Lentur Beton Balok Variasi 1% Plastik PET

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	2	32,670	19	5,067	Patah
2	2	32,340	12	3,200	Patah

Tabel di atas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 31 kN dengan rata-rata 15,5 kN dan jumlah modulus of rapture 8,27 MPa dengan rata-rata 4,133 MPa. Pada detik ke 2 (dua) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 8. Kuat Lentur Beton Variasi 1% Plastik PET

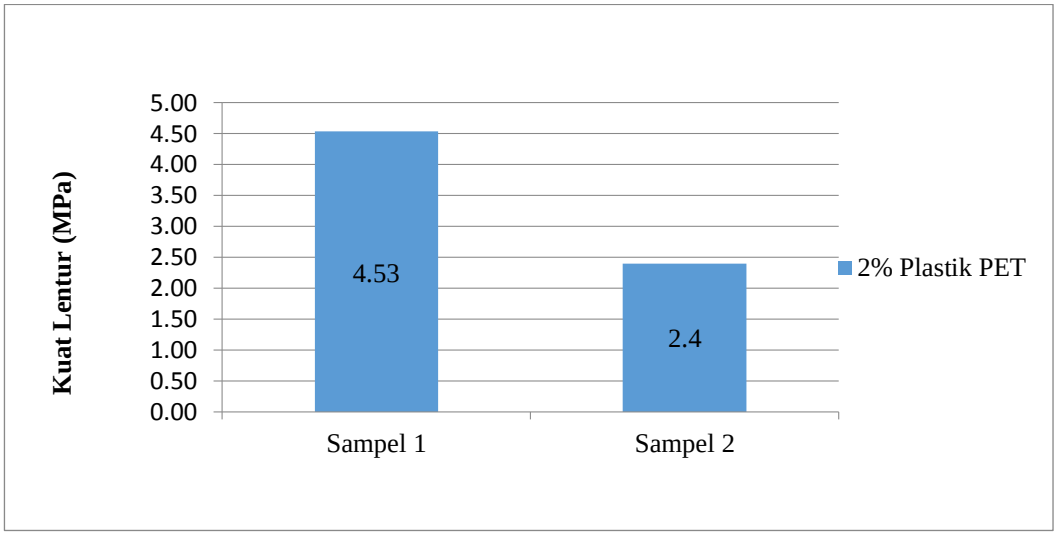
Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi 1% plastik PET sampel 1 sebesar 5,067 MPa dan sampel 2 sebesar 3,200 MPa. Sampel 2 mengalami kenaikan dari sampel 1 sebesar 1,867 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 4,133 MPa.

3. Balok Variasi 2% Plastik PET

Tabel 4. 13. Kuat Lentur Beton Balok Variasi 2% Plastik PET

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	2	32,250	17	4,533	Patah
2	2	32,210	9	2,400	Patah

Tabel di atas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 26 kN dengan rata-rata 13 kN dan jumlah modulus of rapture 6,93 MPa dengan rata-rata 3,47 MPa. Pada detik ke 2 (dua) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 9. Kuat Lentur Beton Variasi 2% Plastik PET

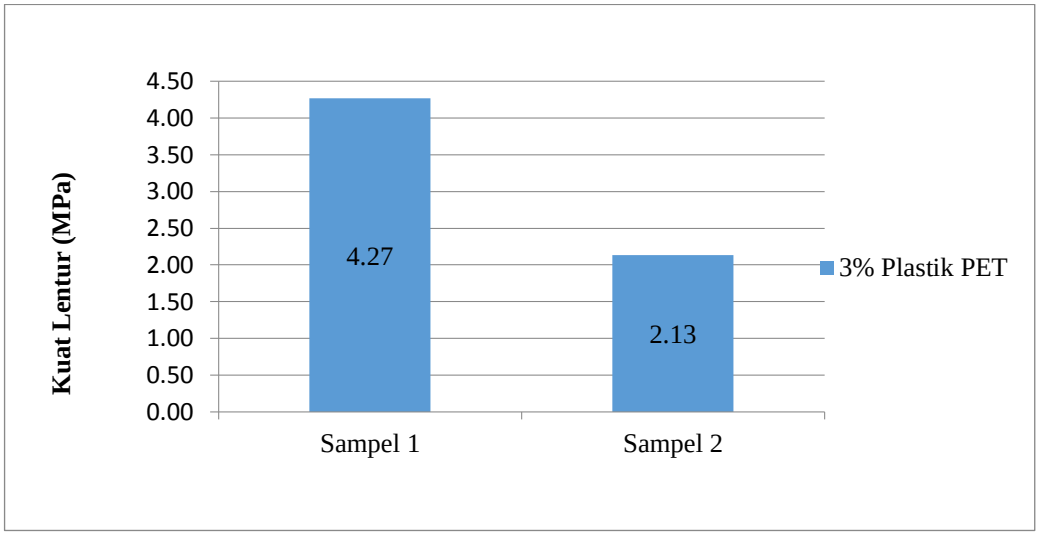
Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi 2% plastik PET sampel 1 sebesar 4,533 MPa dan sampel 2 sebesar 2,400 MPa. Sampel 1 mengalami kenaikan dari sampel 2 sebesar 2,133 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 3,47 MPa.

4. Balok Variasi 3% Plastik PET

Tabel 4. 14. Kuat Lentur Beton Balok Variasi 3% Plastik PET

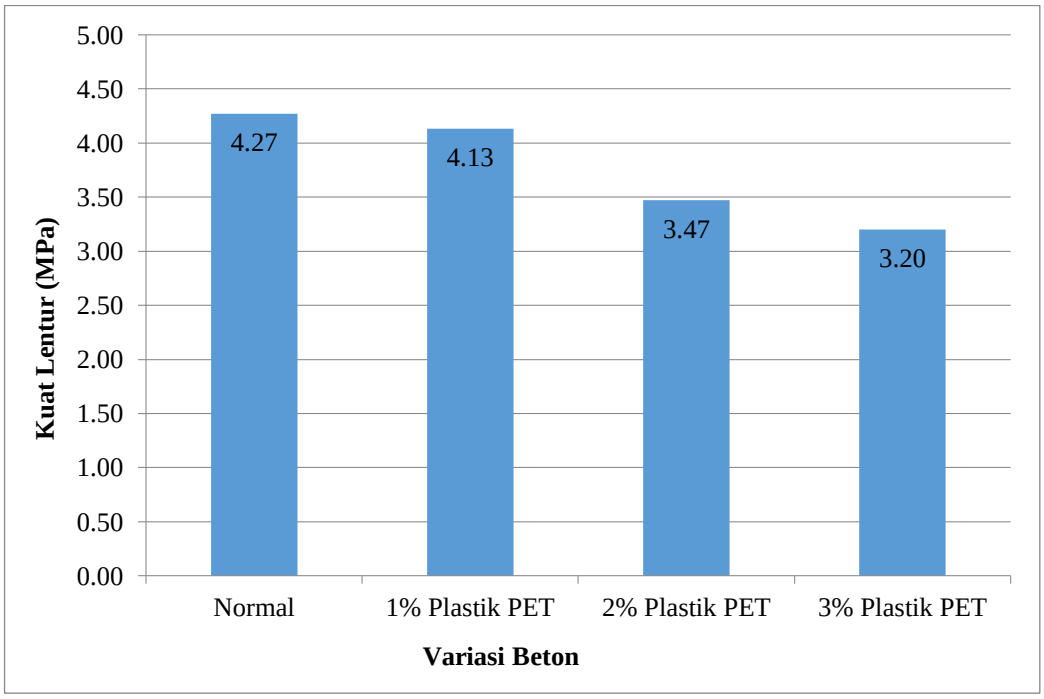
Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	2	31,520	16,0	4,267	Patah
2	2	32,355	3,0	0,800	Retak
	3	32,355	8,0	2,133	Patah

Tabel di atas menjelaskan bahwa jumlah beban maksimum 24 kN dengan rata-rata 12 kN dan jumlah *modulus of rapture* 6,40 MPa dengan rata-rata 3,30 MPa. Pada detik ke 2 (dua) sampel balok 1 sudah patah sedangkan sampel balok 2 patah pada detik ke 3 (tiga).



Gambar 4. 10. Kuat Lentur Beton Variasi 3% Plastik PET

Grafik di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi 3% plastik PET sampel 1 sebesar 4,267 MPa dan sampel 2 sebesar 2,133 MPa. Sampel 1 mengalami kenaikan dari sampel 2 sebesar 2,134 MPa. Dan nilai rata-rata yang di dapatkan yaitu 3,30 MPa.



Gambar 4. 11. Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Lentur

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya plastik PET pada campuran beton, maka semakin meningkat kuat lentur yang didapatkan namun tidak melebihi saat campuran normal. Nilai kuat lentur rata-rata pada variasi normal sebesar 4,27 MPa, variasi 1% plastik PET sebesar 4,13 MPa dan mengalami penurunan sebesar 0,13 MPa dari variasi normal, variasi 2% plastik PET sebesar 3,47 MPa dan mengalami penurunan sebesar 0,80 MPa dari variasi normal, dan variasi 3% plastik PET sebesar 3,20 MPa dan mengalami penurunan sebesar 1,07 MPa dari variasi normal

F. Analisis Hasil Kuat Tekan dan Kuat Lentur

1. Kuat tekan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan limbah plastik PET pada campuran beton mengakibatkan kuat tekan juga semakin menurun. Nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada penambahan limbah plastik PET dengan umur beton 28 hari yaitu pada penambahan 1% plastik PET dengan nilai kuat tekan sebesar 23,307 MPa. Sedangkan variasi 2% dan 3% plastik PET tidak dapat memberikan pengaruh yang lebih baik pada mutu beton karena nilai kuat tekan yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan beton variasi normal dan variasi 1% plastik PET.

2. Kuat lentur

Pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa semakin bertambahnya plastik PET pada campuran beton, maka semakin meningkat kuat lentur yang dihasilkan. Nilai kuat lentur rata-rata tertinggi pada penambahan limbah plastik PET yaitu pada penambahan 1% plastik PET. Variasi 1% plastik PET memiliki nilai sebesar

4,13 MPa. *Workability* beton menurun setelah ditambahkan serat cacahan botol plastik (PET) sehingga kuat lentur beton yang disubstitusikan PET dengan berbagai variasi tidak lebih besar dari pada kuat lentur beton Normal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian penambahan limbah plastik PET sebagai penambah agregat halus pada campuran beton yang telah dilakukan di laboratorium, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada beton variasi normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 25 MPa yang mencapai nilai kuat tekan rencana, sedangkan beton variasi 1% plastik PET sebesar 23 MPa, 2% plastik PET sebesar 21 MPa, dan 3% plastik PET sebesar 19 MPa yang tidak mencapai nilai kuat tekan rencana. Hal ini menunjukkan bahwa limbah plastik PET yang dicampurkan dengan beton mengakibatkan penurunan kuat tekan beton dari beton normal, sehingga membuktikan pendapat Ahmad (2017) bahwa semakin banyak penambahan plastik PET pada beton daya rekat khususnya didaerah sekitar penambahan plastik PET tersebut mengalami penurunan.
2. Pada beton normal memiliki nilai kuat lentur sebesar 4,27 MPa, variasi 1% plastik PET sebesar 4,13 MPa, variasi 2% plastik PET sebesar 3,47 MPa, dan variasi 3% plastik PET sebesar 3,20 MPa. Hasil yang didapatkan sedikit bertolak belakang dengan pendapat yang dikemukakan oleh Syarif Hidayatullah dan Alex Kurniawandy (2017), bahwa penambahan cacahan 1-3 mm dengan panjang 5 cm pada Botol Plastik sebagai serat dalam campuran beton dapat meningkatkan sifat mekanik beton.

B. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai atau tentang hal limbah plastik PET sebagai penambah agregat halus pasir dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Perlunya dilakukan lagi penelitian yang serupa dengan menggunakan jenis plastik yang berbeda.
2. Pada percobaan selanjutnya menggunakan nilai slump yang sama agar nilai pengujiannya lebih akurat sebagai perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, C. ”*Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Kuat Lentur, Rembesan dan Penyerapan Air Genteng Beton ”Jurnal Ilmiah*

Ahmad, A. (2017). *Pengaruh Penambahan Serat Plastik Pet (Polyethylene Terepthalate) Pada Beton Normal Terhadap Kuat Lentur*. Skripsi. Universitas Negeri Jember.

Anonim, SNI 03-2834-2000, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, Badan Standardisasi Nasional.*

Anonim, SNI 03-4810-1998, *Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Lapangan, Pusjatan-Balitbang PU.*

Anonim, SNI-03-1968-1990, Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar, Pusjatan-Balitbang PU.

Anonim, SNI-03-1972-1990, *Metode pengujian slump beton, Badan Standardisasi Nasional.*

Anonim, SNI-03-4428-1997, *Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir, Pusjatan-Balitbang PU.*

Anonim, SNI-1970-2008, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus, Badan Standardisasi Nasional.*

Anonim, SNI-1974-2011, *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, Badan Standardisasi Nasional.*

Azis, N. A. (2020). *Perilaku Mekanik Beton Berbahan Limbah Plastik PET Sebagai Material Konstruksi* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Chaniago, M, Y. (2017). “*Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Batu Karang Sebagai Agregat Kasar*”, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Dantje A. T. Sina (2016) *pengaruh penambahan cacahan limbah plastic jenis HIGH DENSYTI POLYETHYLENE pada kuat lentur beton.*

Hidayatullah, S., & Kurniawandy, A. (2017). *Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Serat Pada Beton* (Doctoral dissertation, Riau University).

Mardiaman. (2020). *kajian kuat tekan dan kuat lentur pada beton mutu fc 35 ditambah flyash dan abu sekam padi rice husk ash*

Maulidah, F. (2021). *Analisa Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Polyethylene Terephtalete (Pet) Sebagai Pengganti Agregat* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Majapahit).

Mukhlis, M. (2022). Kinerja Cacahan Limbah Plastik Hdpe Terhadap Kuat Lentur Beton. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, *18*(1), 15-19.

Purwanto H, 2009, ” *Pengaruh Gradasi Butiran Batu Pecah Terhadap Kekuatan Beton”, Jurnal Rekayasa perencanaan UPN Jawa Timur.*

Rismayasari Y, (2016). *Pembuatan Beton Dengan Campuran Limbah Plastik Dan Karakterisasinya.*

Riyadi M. (2015). *Pemanfaatan limbah plastic simpul sebagai pengganti agregat kasar pada beton.*

Subakti, A, *Teknologi Beton Dalam Praktek, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, Surabaya*

Widiarini, M. R. (2023). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Botol Air Mineral Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Beton (The Effect Of Adding Mineral Water Plastic Waste On The Compressive Strength, Tensile Strength, And Flexural Strength Of Concrete)*. Universitas Islam Indonesia.