

TESIS

**PERILAKU MEKANIK BETON BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PET
SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI**

**MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE MADE UP OF PET PLASTIC
WASTE AS A CONTRUCTION MATERIAL**

NURUL AISYAH AZIS



**PRODI S2 TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR
2020**

HALAMAN SAMPUL

**PERILAKU MEKANIK BETON BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PET
SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI**

**MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE MADE FROM PET PLASTIC
WASTE AS A CONTRUCTION MATERIAL**

sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Magister

disusun dan diajukan oleh

**NURUL AISYAH AZIS
D012181024**



Kepada

**PRODI S2 TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

TESIS

**PERILAKU MEKANIK BETON BERBAHAN LIMBAH PLASTIK
PET SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI**

Disusun dan diajukan oleh :

NURUL AISYAH AZIS

Nomor Pokok D012181024

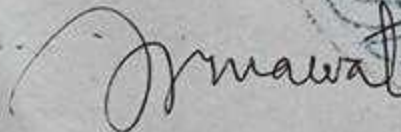
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 30 November 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,



Dr.Eng.Hj.Rita Irmawaty,ST.,MT.

Ketua



Ir. H.Achmad Bakri Muhiddin. M.Sc.Ph.DA

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr.Eng.Hj.Rita Irmawaty,ST.,MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof.Dr.Ir.H.Muhammad Arsyad Thaha,MT

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurul Aisyah Azis

Stambuk : D012181024

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa teisi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambilalihan tulisan atua pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil teisis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, November 2020
Yang menyatakan



Nurul Aisyah Asis

PRAKATA

Puji syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun serta menyelesaikan tesis ini. Berbagai kendala dan permasalahan yang penulis hadapi selama mengikuti program pendidikan ini terutama selama penelitian dan penyusunan tesis ini. Namun, berkat bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, akhirnya semua kendala dan permasalahan dapat dilewati satu persatu. Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini tidak akan selesai tanpa adanya berbagai bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Dr.Eng. Ir.Hj. Rita Irmawaty, ST, MT. selaku ketua program studi sekolah S2 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin sekaligus penasehat utama dan Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.DA sebagai penasehat anggota yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengoreksi, memberi bantuan literature, memberikan saran dan masukan, serta diskusi-diskusi yang telah dilakukan.
2. Kepala Laboratorium Bahan dan Struktur Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang telah mengizinkan melakukan penelitian dan para asisten-asisten yang telah memberikan bantuan selama penelitian.
3. Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi(PPNN) ITB yang telah membantu dalam pengujian Scaning Electrone Microscope.
4. Rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Sipil khususnya rekan-rekan teman seperjuangan angkatan 2018 Munadrah,ST.
5. Adik-adik mahasiswa S1 yang sangat banyak membantu dalam proses penelitian ini yang banyak saya repotkan selama penelitian.
6. Mohon maaf semua pihak yang telah membantu yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedua orang tua tercinta Ibunda Hj.Ramlah dan Ayahanda Hj.Abdul Azis yang telah membesarkan dan mendidik serta senantiasa berdoa setiap saat dengan penuh keikhlasan hati bagi kesehatan dan keberhasilan studi penulis, juga kepada saudara saya Nurul Sakinah Amalia yang telah banyak mensupport dan membantu saya terima kasih bantuan, doa dan dukungannya,atas ketulusan, keikhlasan, pengertian, kesabaran dan pengorbanan yang luar biasa. Penyusunan tesis ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mohon masukkan dan kritik yang membangun demi kesempurnaan tesis ini. Semoga segala bantuan baik moril maupun materil yang diberikan menjadi amalan yang baik dan mendapat ganjaran yang terbaik dari Allah SWT. Amiin.

Gowa, 10 Juli 2020

Nurul Aisyah Azis

ABSTRAK

NURUL AISYAH AZIS. *Perilaku Mekanik Beton Berbahan Limbah Plastik PET Sebagai Material Konstruksi* (dibimbing oleh Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT dan Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph. D)

Dalam konstruksi teknik sipil, penggunaan cacahan plastik pada beton meningkat secara drastis sebagai pengganti sebagian agregat, karena memberikan keuntungan dari sisi lingkungan dan bernilai ekonomis dimana penggunaan limbah semakin meningkat dalam beton. Penggunaan limbah plastik sebagai pengganti agregat adalah solusi bagi masalah lingkungan. Sampah plastik dapat meningkatkan kinerja beton seperti ketahanan terhadap abrasi, beban impact, daktilitas, penyerapan goncangan, dan konduktivitas termal. Namun, penambahan limbah plastik akan mempengaruhi perilaku mekanik beton. Kelemahan ini bisa diatasi dengan menambahkan serat baja dalam bentuk Dramix 3D 80/60. Peningkatan jumlah plastik PET dalam beton, menyebabkan workability beton menurun, sehingga perlu ditambahkan superplasticizer untuk meningkatkan workability beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku mekanik beton menggunakan limbah plastik PET sebagai pengganti sebagian agregat. Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan variasi kadar plastik PET 0%, 10%, 15%, dan 20% dari volume agregat kasar. Plastik PET direndam dalam larutan NaOH 4% selama 15 menit sebelum digunakan. 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 daktilitas beton.

Kata Kunci : *Perilaku Mekanik, Plastik PET, SEM*

ABSTRACT

NURUL AISYAH AZIS. *Mechanical Properties of Concrete Composed of PET Plastic Waste as Construction Material* (Supervisor: Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT dan Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph. D)

In civil engineering construction, the use of shredded plastic in concrete has increased drastically as a substitute for coarse aggregate, because it provides environmental benefits and is of economic value where the use of waste is increasing in concrete. The use of plastic waste as a substitute for aggregates is a solution to environmental problems. Plastic waste can improve concrete performance such as resistance to abrasion, impact loads, ductility, shock absorption, and thermal conductivity. However, the addition of plastic waste will affect the mechanical properties of concrete. This weakness can be overcome by adding steel fibers in the form of Dramix 3D 80/60. Increasing the amount of PET plastic in the concrete causes the workability of the concrete to decrease, so it is necessary to add a superplasticizer to increase the workability of the concrete. The objective of this study was to analyze the mechanical properties of concrete using PET plastic waste as a partial substitute for aggregate. The method used is experimental research with variations in PET plastic content of 0%, 10%, 15%, and 20% of the volume of coarse aggregate. PET plastic was immersed in 4% NaOH solution for 15 minutes before use. Replacement of coarse aggregate with PET plastic by up to 20%, reduces the volume weight of concrete by 13%. Mechanical testing on concrete shows that the greater the addition of PET plastic content, the greater the decrease in compressive strength, flexural strength, tensile strength, and modulus of elasticity of the concrete. SEM results show that PET particles are not uprooted from the concrete matrix and are able to transfer loads, so the addition of PET particles can increase the ductility of the concrete.

Keywords: Mechanical Properties, PET Plastic, SEM

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Penelitian Terdahulu.....	7
B. Beton	7
C. Bahan Penyusun Beton	8
C.1.Semen	8
C.2.Agregat	9

C.2.1 Agregat Kasar	10
C.2.2 Agregat Halus	10
C.3. Air	11
C.4. Jenis Limbah Plastik	12
C.4.1 PET (Polyethylene Terephthalate)	13
C.4.2 HDPE (High-Density Polyethylene)	13
C.4.3 PVC (Polyvinyl Chloride)	14
C.4.4 LDPE (Low-Density Polyethylene)	14
C.4.5 PET (Polyethylene Terephthalate)	15
C.4.6 PS (Polystyrene)	15
C.4.7 Bahan Plastik Lain (BPA, Polycarbonate, dan LEXAN)	16
C.5. Dramix Steel Fiber	17
C.6. Superlasticizer	17
C.7. Natrium Hidroksida (NaOH)	20
C.8. Sifat Mekanik Beton	20
C.8.1 Kuat Tekan	21
C.8.2 Kuat Tarik Belah	21
C.8.3 Kuat Lentur	21
C.8.4 Modulus Elastisitas	22
C.8.5 Pengujian Metode Scanning Electron Microscopy (SEM)	22

C.4 Analisis Kuat Lentur	40
C.5 Analisis Modulus Elastisitas.....	41
C.6 Pengamatan SEM Beton	55
C.7 Distribusi Plastik Dalam Beton.....	55
C.8 Pengamatan SEM Beton	55
DAFTAR PUSTAKA.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengaruh sifat agregat pada sifat beton.....	9
Tabel 2. Gradasi Agregat Halus.....	10
Tabel 3. Jumlah benda uji.....	25
Tabel 4. Jenis pengujian dan standar	26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kode Identifikasi Resin	12
Gambar 2. Contoh plastik jenis PET	13
Gambar 3. Contoh plastik jenis HDPE	14
Gambar 4. Contoh jenis plastik V/PVC	14
Gambar 5. Contoh plastik jenis LDPE	15
Gambar 6. Contoh plastik jenis PP	15
Gambar 7. Contoh plastik jenis PS	16
Gambar 8. Contoh plastik jenis OTHER	16
Gambar 9.a Perbandingan ujung Dramix tiap jenis	17
Gambar 9.b Jenis-jenis Dramix steel fiber	17
Gambar 10. Skema Penelitian	23
Gambar 11. Universal Testing Machine.....	25
Gambar 12. Pengujian Kuat Tekan	28
Gambar 13. Pengujian Tarik Belah.....	29
Gambar 14. Pengujian Kuat Lentur	30
Gambar 15. Modulus Elastisitas	32

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton adalah bahan konstruksi yang paling banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan, diperoleh dengan cara mencampurkan semen Portland, air, agregat dan bahan tambah untuk memperbaiki kinerjanya. Penggunaan limbah dan bahan daur ulang dalam campuran beton menjadi trend perkembangan beton saat ini, selain membantu mengurangi pencemaran lingkungan, dengan memanfaatkan dan mengolah limbah padat yang dihasilkan oleh limbah industri dan sampah kota, juga mengurangi penggunaan material alam yang jumlahnya semakin terbatas.

Plastik adalah salah satu inovasi paling signifikan dari bahan diabad ke-20. Bukan suatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan. Plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya, seperti plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan dan biaya produksinya. Namun dibalik segala kelebihannya, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Sifat plastik yang *non-biodegradable* (sulit diuraikan) menyebabkan plastik membutuhkan waktu 100 – 500 tahun agar dapat terurai secara sempurna. Penggunaan plastik yang terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu, menyebabkan jumlah limbah plastik ikut terus meningkat. Di Indonesia diperkirakan akan menghasilkan 9 juta ton sampah plastik di tahun 2019 (Erric Permana, 2019).

Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Salah satunya dengan cara mendaur ulang limbah plastik. Namun cara ini tidaklah terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggunung di tempat penampungan sampah. Sehingga diperlukannya penanggulangan limbah plastik yang lebih efisien. Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan limbah plastik menjadi agregat buatan dalam campuran beton.

Karena penggunaan plastik yang tidak aman juga tidak baik untuk kesehatan, plastik dibagi berdasarkan kode-kode yang memberikan informasi tentang jenis bahan, cara pembuatan, dan dampak pemanfaatannya bagi pemakai. Terdapat tujuh kode yang membedakan jenis plastik yaitu, PETE atau PET (*Polyethylene Terephthalate*) Kode 1, HDPE (*High Density Polyethylene*) Kode 2, PVC (*Polyvinyl Chloride*) Kode 3, LDPE (*Low Density Polyethylene*) Kode 4, PP (*Polypropylene*) Kode 5, PS (*Polistirena*) Kode 6, *Other* Kode 7 (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).

Sebagian besar dari limbah plastik yang ada merupakan limbah plastik dari jenis plastik PET. Botol jenis PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Pemakaian yang berulang mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) dalam jangka panjang. *Polyethylene terephthalate* yang sering disebut PET dibuat dari glikol (EG) dan terephthalic acid (TPA) atau dimetyl ester atau asam terephthalat (DMT). PET merupakan keluarga polyester seperti halnya PC. Polymer PET dapat diberi penguat fiber glass, atau filler mineral. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET *engineer* resin mempunyai kombinasi sifat-sifat: kekuatan (*strength*) tinggi, kaku (*stiffness*), dimensi stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta

mempunyai sifat elektrikal yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain: botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. Volume beton mengandung 65-80% agregat dan memainkan peran penting dalam sifat beton seperti kemampuan kerja, kekuatan, stabilitas dimensi dan daya tahan, sehingga penggunaan limbah plastik dalam beton sebagai pengganti agregat dapat mengurangi jumlah limbah secara signifikan.

Dalam konstruksi teknik sipil, penggunaan cacahan plastik pada beton meningkat secara drastis sebagai pengganti sebagian agregat. Karena memberikan keuntungan dari sisi lingkungan dan bernilai ekonomis dimana penggunaan limbah semakin meningkat dalam beton. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggantian sebagian agregat dengan limbah plastik dapat memperbaiki kinerja beton seperti ketahanan terhadap abrasi dan beban impact, daktilitas, *shock absorption*, dan konduktivitas termal. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik ke dalam campuran beton menyebabkan penurunan sifat mekanik seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan serat baja dalam beton normal meningkatkan sifat mekanik secara signifikan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menggunakan limbah botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai agregat kasar buatan. Untuk meningkatkan kekuatan beton limbah plastik, maka ditambahkan serat baja terhadap berat semen. Dan penambahan superplasticizer untuk memperbaiki workability pada beton. Dalam J.Thorneycroft, dkk (2017) dilakukan *treatment* pada plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan perendaman dalam larutan NaOH (*Natrium Hidroksida*) 4% selama 15 menit sebelum digunakan untuk membersihkan

dari kotoran yang dapat merusak beton.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis merasa perlu melakukan penelitian pemanfaatan limbah plastik sebagai pengganti agregat pada beton dengan judul **“PERILAKU MEKANIK BETON BERBAHAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI”**.

B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku mekanik pada beton yang menggunakan limbah plastik PET sebagai pengganti sebagian agregat.
2. Bagaimana distribusi dan lekatan antara cacahan plastik serta serat baja dalam beton yang menggunakan plastik PET sebagai agregat kasar.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis perilaku mekanik pada beton yang menggunakan limbah plastik PET sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
2. Mengevaluasi distribusi dan lekatan antara cacahan plastik serta serat baja dalam beton yang menggunakan plastik PET sebagai agregat.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat referensi untuk potensi penggunaan limbah plastik yang menggunakan limbah plastik PET sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan limbah cacahan plastik jenis PET ukuran 2-3 cm.
2. Serat baja yang digunakan adalah dramix 3D 80/60.
3. Variabel yang digunakan dalam penelitian berupa variasi persentase volume plastik PET terhadap volume agregat kasar yaitu, 0%, 10%, 15%, dan 20%.
4. Berat serat baja untuk semua variasi konstan dengan nilai 0,5% terhadap berat semen.
5. Penelitian ini menggunakan superplasticizer sebagai bahan tambah.
6. Pengujian dilakukan pada umur 7,14 dan 28 hari curing air.
7. Plastik PET direndam dalam larutan NaOH 4% selama 15 menit sebelum digunakan.
8. Lekatan antara cacahan plastik dan serat baja dalam beton dievaluasi dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangkaisi. Dalam tesis ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, bahasan dan batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan

menganalisa tentang permasalahan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta pengolahan hasil penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tesis ini.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Job T dan Ananth R.,(2007) penambahan serat baja dalam beton normal meningkatkan sifat mekanik (kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah) secara signifikan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jaivignesh B dan Sofi A. (2017) Penambahan limbah plastik ke dalam campuran beton menyebabkan penurunan sifat mekanik seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik dan kekuatan lentur.

Penelitian Irmawaty, R, dkk (2020) bahwa semakin besar penambahan kadar plastik PET, maka semakin besar penurunan nilai kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan modulus elastisitas pada beton.

B. Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk.

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh mengandung bahan bersifat semen lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*),

mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan. Beberapa bahan bersifat semen seperti abu terbang, pozzolan alam/tras, tepung terak tanur tinggi dan serbuk silika dapat digunakan bersama-sama dengan semen hidrolis untuk menekan harga atau untuk memberikan sifat-sifat tertentu seperti misalnya untuk mengurangi panas hidrasi awal, menambah perkembangan kekuatan akhir, atau menambah daya tahan terhadap reaksi alkali-agregat atau serangan sulfat, menambah kerapatan, dan ketahanan terhadap masuknya larutan-larutan perusak (SNI 7656:2012).

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat sangat ditentukan oleh sifat penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Beton mempunyai karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun.

C. Bahan Penyusun Beton

C.1. Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Ada dua macam semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen non-hidraulis adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras.

Salah satu semen hidraulis yang biasa dipakai dalam konstruksi beton adalah semen Portland. Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0031-1981) semen

Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum. Semen yang beredar dipasaran dalam kemasan zak 40 kg dan 50 kg saat ini adalah semen tipe PPC (Portland Pozolan Cement) dan PCC (*Portland Composite Cement*).

C.2. Agregat

Menurut SNI 2847:2013, agregat adalah bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnance slag*) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis.

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang menempati 70- 75% dari total volume beton sehingga kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai bahan pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi positif agregat pada sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi, dan ketahanan umum (*durability*) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat seperti kepadatan, panas jenis, dan modulus elastisitas. Pengaruh agregat pada beton disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh sifat agregat pada sifat beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton Cair	Kelecekan pengikatan dan pengerasan
Sifat kimia, mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

Agregat berdasarkan ukuran butirnya dibedakan menjadi dua yaitu : agregat kasar dan agregat halus.

C.2.1. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar merupakan adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

C.2.2. Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000, definisi agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Agregat halus memiliki zona-zona berdasarkan ukuran lolos saringannya. Menurut SK-SNI-T-15-1990-03, gradasi pasir dibagi menjadi empat kelompok yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, dan pasir halus seperti tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 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	33 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 - 15

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah IV : Pasir Halus

Gradasi agregat halus memiliki pengaruh terhadap *workability*. Hal ini disebabkan karena mortar memiliki fungsi sebagai pelumas. Persyaratan pasir agar

dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Pasir beton harus bersih. Bila diuji dengan memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan tinggi seluruhnya, endapannya tidak kurang dari 70%.
2. Kandungan bagian yang lewat ayakan 0,063 mm (lumpur) tidak lebih besar dari 5% berat.
3. Angka modulus halus butir terletak antara 2,2 - 3,2 bila diuji memakai rangkaian ayakan dengan mata ayakan berukuran berturut-turut 0.16 mm, 0.315 mm, 0.63 mm, 1.25 mm, 2.5 mm, dan 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0.3 mm minimal 15% berat.
4. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
5. Kekekalan terhadap larutan $MgSO_4$, fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

C.3 Air

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982), antara lain:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.

4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO_3 .
5. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

C.4 Jenis Limbah Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromelekul yang dibentuk dengan Proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa Molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar makromelekul atau polimer).

Dalam Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018, Berdasarkan Kode Identifikasi Resin (*Resin Identification Code*), Plastik diklasifikasikan menjadi 7 jenis tingkatan (*grade*), yaitu mulai dari kode simbol **angka 1 hingga angka 7**. Setiap kode simbol angka tingkatan tersebut dikelilingi oleh tiga anak panah yang berbentuk segitiga, dibawah segitiga tersebut terdapat singkatan nama jenis plastik (Gambar 1). Kode-kode simbol tersebut biasanya dapat kita temukan di bagian bawah produk plastik. Gambar 2 memperlihatkan konsumsi plastik dunia pada tahun 2016 dan hasil cacahan botol plastik.



Gambar 1. Kode Identifikasi Resin

C.4.1. PET (*Polyethylene Terephthalate*) atau Kode 1

PET atau PETE merupakan salah satu plastik yang sering digunakan sebagai wadah makanan. Plastik PET dapat kita temukan pada hampir semua botol air mineral dan beberapa pembungkus. Plastik ini dirancang untuk satu kali penggunaan saja. Jadi, jika digunakan berulang dapat meningkatkan resiko ikut terkonsumsinya bahan plastik dan bakteri yang berkembang pada bahan itu. Hal ini disebabkan jenis plastik PET ini sulit untuk dibersihkan dari bakteri dan bahan plastik PET dapat bersifat racun. Plastik ini sebaiknya didaur ulang dan tidak digunakan kembali (Sri Fadilah, Zerowaste.id,2018).



Gambar 2. Contoh plastik jenis PET

C.4.2. HDPE (*High-Density Polyethylene*) atau Kode 2

Plastik HDPE merupakan jenis plastik yang biasanya digunakan untuk membuat botol susu, botol deterjen, botol shampo, botol pelembab, botol minyak, mainan, dan beberapa tas plastik. HDPE merupakan plastik yang paling umum didaur ulang dan dianggap plastik paling aman. Proses daur ulang plastik ini cukup sederhana dan tidak membutuhkan biaya banyak. Plastik HDPE ini sangat keras dan tidak mudah rusak karena pengaruh sinar matahari, panas yang tinggi, atau suhu yang dingin. Karena itu, HDPE digunakan untuk membuat meja piknik, tempat sampah, dan produk lain yang membutuhkan ketahanan terhadap cuaca (Sri

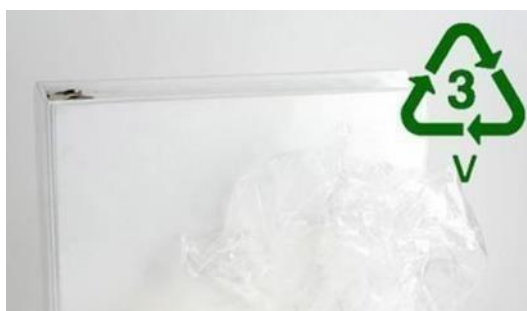
Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 3. Contoh plastik jenis HDPE

C.4.3. PVC (*Polyvinyl Chloride*) atau Kode 3

Plastik PVC memiliki sifat lembut dan fleksibel. Plastik jenis ini biasa digunakan untuk membuat plastik pembungkus makanan, botol minyak sayur, dan mainan anak-anak seperti pelampung renang. Selain itu juga digunakan untuk membuat pipa plastik, dan komponen kabel komputer. PVC dikhawatirkan sebagai “plastik beracun” karena mengandung berbagai racun yang dapat mencemari makanan. Plastik ini juga sukar didaur ulang. Produk PVC sebaiknya tidak digunakan kembali sebagai pembungkus makanan (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 4. Contoh jenis plastik V/PVC

C.4.4. LDPE (*Low-Density Polyethylene*) atau Kode 4

LDPE biasa ditemukan pada pembungkus baju, kantong pada layanan cuci kering, pembungkus buah-buahan agar tetap segar, dan pada botol pelumas. LDPE

dianggap memiliki tingkat racun yang rendah dibandingkan dengan plastik yang lain. LDPE tidak umum untuk didaur ulang, jika didaur ulang plastik LDPE biasanya digunakan sebagai bahan pembuat ubin lantai (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 5. Contoh plastik jenis LDPE

C.4.5. PP (*Polypropylene*) atau Kode 5

Plastik PP bersifat kuat, ringan, dan tahan terhadap panas. Plastik PP mampu menjaga bahan yang ada di dalamnya dari kelembaban, minyak dan senyawa kimia lain. PP biasanya digunakan sebagai pembungkus pada produk sereal sehingga tetap kering dan segar. PP juga digunakan sebagai ember, kotak margarin dan yogurt, sedotan, tali, isolasi, dan kaleng plastik cat. Plastik dari PP dianggap aman jika digunakan kembali dan dapat didaur ulang (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 6. Contoh plastik jenis PP

C.4.6. PS (*Polystyrene*) atau Kode 6

Polystyrene atau styrofoam merupakan plastik yang murah, ringan, dan mudah dibentuk. Plastik ini banyak digunakan dalam berbagai kebutuhan. Biasanya

plastik PS digunakan sebagai botol minuman ringan, karton telur, kotak makanan, dan pembungkus bahan yang akan dikirim dalam jarak jauh. Plastik PS ini mudah rusak dan rapuh, sehingga mudah terpotong-potong menjadi kecil dan mudah mencemari lingkungan. Senyawa styrene pada plastik polystyrene mungkin bisa lepas dari plastik tersebut dan jika dikonsumsi dapat memicu kanker dan gangguan sistem reproduksi. (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 7. Contoh plastik jenis PS

C.4.7. Bahan Plastik Lain (*BPA, Polycarbonate, dan LEXAN*) atau Kode 7

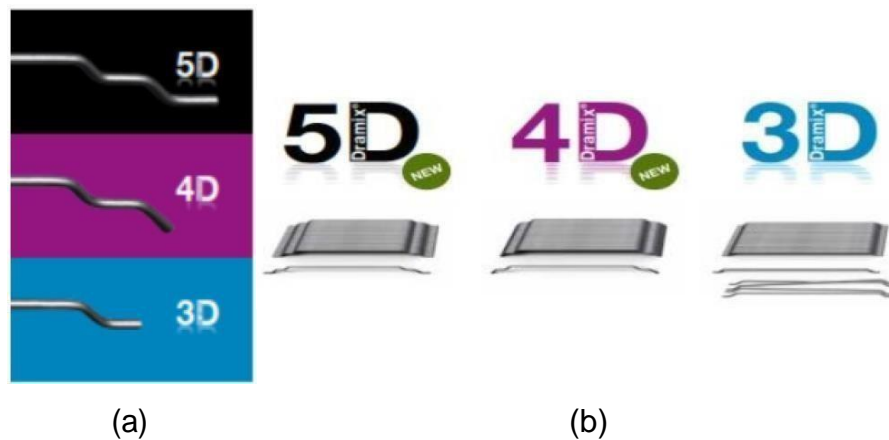
Kategori plastik dengan kode 7 ini merupakan jenis plastic lainnya selain dari no.1 sampai 6 seperti botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mpbil, alat-alat rumah tangga, computer, alat-alat elektronik, sikat gigi dan mainan lego (Sri Fadilah, Zerowaste.id, 2018).



Gambar 8. Contoh plastik jenis *OTHER*

C.5. Dramix Steel Fiber

Dramix® steel fiber adalah fiber baja yang diproduksi melalui proses penarikan dingin (*cold drawn*) dengan lekukan di ujung yang akan memberikan pengikatan yang optimal. Beton yang memiliki penulangan dengan steel fiber akan memberikan kelenturan (*ductility*) dan kemampuan menerima beban yang tinggi (*high load bearing capacity*). Selain itu juga akan memberikan aplikasi yang cepat dan mudah serta memberikan solusi yang jauh lebih efektif dan ekonomis. Tersedia dalam beberapa tipe: 3D (kuat tarik 1225 -1345 MPa), 4D (kuat tarik 1500 MPa) dan 5D (kuat tarik 2300 MPa). 3D 80/60BG (*aspect ratio* 80, panjang 60 mm & diameter 0.75 mm); 3D 65/35BG (*aspect ratio* 65, panjang 35 mm & diameter 0.55 mm); 4D 65/60BG (*aspect ratio* 65, panjang 60 mm & diameter 0.90 mm) dan 5D 65/60BG (*aspect ratio* 65, panjang 60 mm & diameter 0.90 mm), (Concrete Reinforcement & Tools Design, Prisai, 2017). Detail Dramix steel fibre berdasarkan tipenya ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) Perbandingan ujung Dramix tiap jenis;
(b) Jenis-jenis Dramix steel fiber.

C.6 Superlasticizer

Superplastisizer merupakan jenis bahan tambahan baru yang disebut sebagai “bahan tambahan kimia pengurang air”. *Superplastisizer* terdiri dari tiga jenis, yaitu

:

1. Kondensasi *sulfonatmelaminformaldehid* dengan kandungan klorida sebesar 0,005 %.
2. *Sulfonatnafthalinformaldehid* dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan.
3. Modifikasi *lignosulfonat* tanpa kandungan klorida.

Pada dasarnya *superplasticizer* digunakan untuk menghasilkan beton “ mengalir “ tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. Pada alternative lain, bahan ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workabilitas yang sama.

Karena sifat “mengalir” yang diberikan oleh *superplasticizer* pada beton, maka bahan ini berguna untuk pencetakan beton di tempat-tempat yang sulit seperti tempat yang terdapat penulangan yang padat. *Superplasticizer* tidak akan menjadikan “encer” semua campuran beton dengan sempurna, oleh karenanya campuran harus direncanakan untuk disesuaikan. Pengaruh yang penting adalah jumlah dari butiran-butiran halus (semen dan pasir yang ukuran partikelnya kurang dari 300 μm). (Nawy, 2010).

Secara sederhana, Superplasticizer berfungsi membuat adukan lebih encer dengan air yang sedikit. Superplasticizer didalam klasifikasi Astm masuk dalam kategori admixture tipe F. Mengacu pada klasifikasi ASTM C494-82, dikenal 7 jenis admixture sebagai berikut :

1. Tipe A: *Water Reducer (WR)* atau *plasticizer*, Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang digunakan. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan

adukan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.

2. Tipe B: *Retarder*, Bahan kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini diperlukan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran/pengadukan beton dengan penuangan adukan. Atau dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh.
3. Tipe C: *Accelerator*, Bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.
4. Tipe D: *Water Reducer Retarder (WRR)*, Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Tipe E: *Water Reducer Accelerator*, Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan.
6. Tipe F: *High Range Water Reducer (Superplasticizer)*, Bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih.
7. Tipe G: *High Range Water Reducer (HRWR)*, Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan kimia tambahan biasanya dimasukkan dalam campuran beton dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan dengan bahan-bahan utama, maka tingkatan kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Hal ini untuk menjamin agar tidak terjadi kelebihan dosis, karena dosis yang berlebihan akan mengakibatkan penurunan kinerja beton bahkan lebih ekstrem lagi bisa menimbulkan kerusakan pada beton.

C.7. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu senyawa ion yang bersifat basa kuat, kaustik dan memiliki sifat korosif dan higroskopik (suka menyerap air). Dalam kehidupan kita sehari-hari, senyawa ini biasa kita sebut dengan nama "soda api" atau "kaustik soda", (C.P. Dillon, 2001). Tingkat kelarutan senyawa natrium hidroksida di dalam air cukup tinggi. Pada suhu 0°C, kelarutan natrium hidroksida berada pada kisaran 418 g/L. Pada suhu 20 C, kelarutan natrium hidroksida berada pada kisaran 1150 g/L. Jika dilihat dari data diatas, kita dapat menyimpulkan bahwa senyawa ini memiliki tingkat kelarutan yang sangat tinggi. Natrium Hidroksida memiliki wujud padat pada suhu kamar, bentuknya bisa seperti kristal atau bubuk tergantung pada tujuan atau kegunaan analisisnya. Senyawa ini berwarna putih metalik dan tidak berbau. Tingkat kelarutannya di dalam air juga cukup tinggi seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Ketika senyawa ini dilarutkan ke dalam air, maka suhu air akan naik dan suhu disekitarnya akan terasa panas, hal ini terjadi karena pelarutan senyawa ini bersifat eksotermik sehingga sejumlah kalor akan dilepaskan.

C.8. Sifat Mekanik Beton

Kekuatan beton adalah parameter umum yang dipertimbangkan dalam desain struktural, tetapi untuk beberapa desain struktural kekuatan tarik juga menjadi pertimbangan; contohnya pada jalan raya, landasan pacu di bandar udara, kekuatan geser, dan ketahanan terhadap retak. Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik erat kaitannya, rasio nilai kekuatan tekan dan tarik pada beton bergantung pada mutu kekuatan beton, dapat dikatakan, jika kuat tekan (f'_c) meningkat, maka kuat tarik (f'_t) juga meningkat tetapi pada tingkat lebih rendah. Umur juga merupakan faktor dalam hubungan f_c dan f_t , ketika melampaui 1 bulan, kekuatan tarik meningkat

lebih lambat dibanding kekuatan tekan .

Beton baik dalam menahan tegangan tekan daripada jenis tegangan lainnya, dan umumnya sifat ini yang umumnya dimanfaatkan dalam perencanaan struktur beton. Kekuatan tekan beton dianggap sifat yang paling penting dalam banyak kasus.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton berupa material masing-masing, cara pembuatan, cara perawatan dan kondisi tes. Berdasarkan material penyusunnya kekuatan beton dipengaruhi antara lain oleh faktor air semen, porositas dan faktor intrinsik lainnya .

C.8.1 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah karakteristik mekanik utama dari beton yang dapat diketahui melalui penelitian uji tekan di laboratorium, dengan membebani setiap benda uji silinder secara longitudinal sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan pada saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

C.8.2. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

C.8.3. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

C.8.4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan pada silinder beton dengan perubahan bentuk per satuan panjang. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

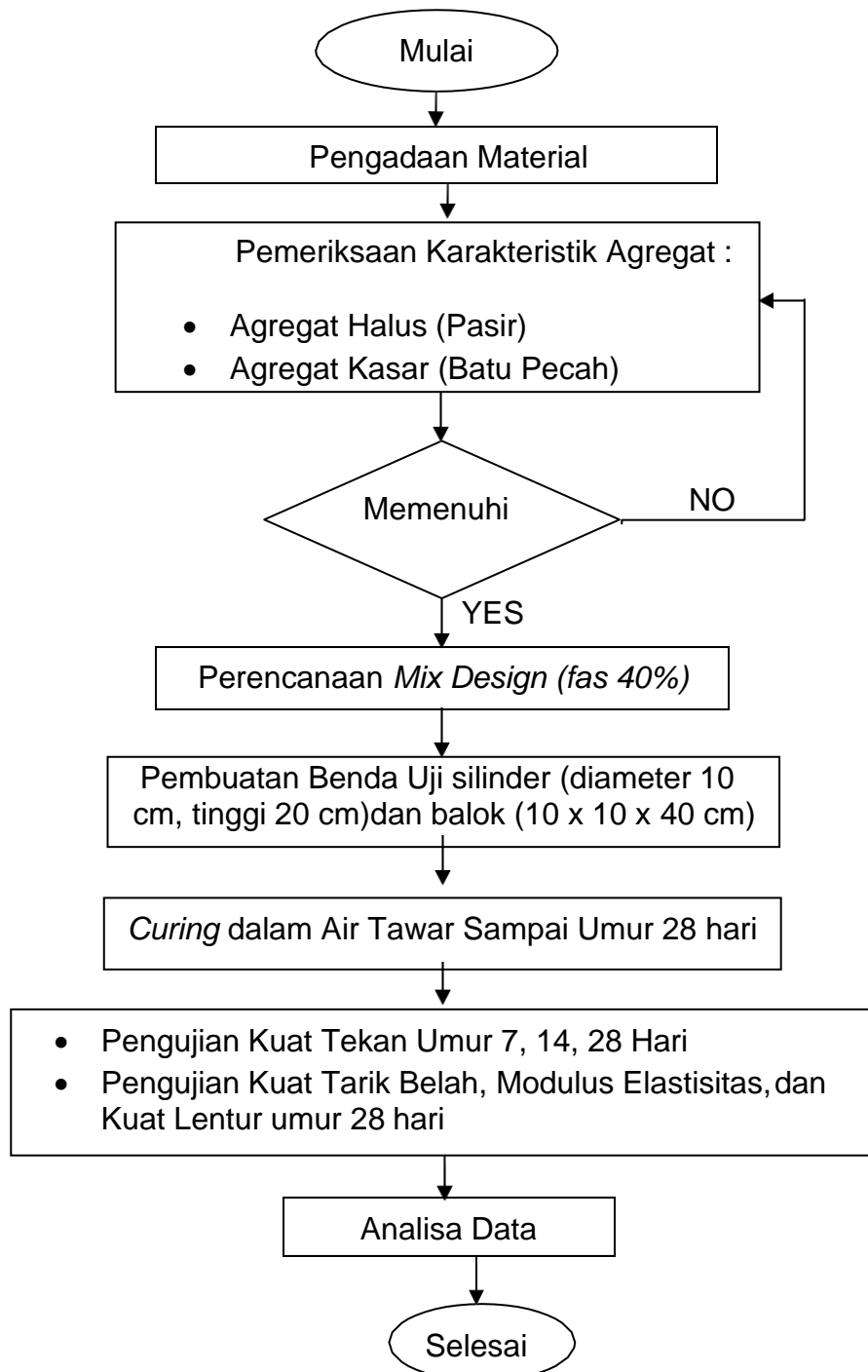
C.8.5. Pengujian Metode Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Elctrone Microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk memperlihatkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Elektrone ditembakkan dan berinteraksi dengan bahan sehingga menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang permukaan bahan meliputi topografi, morfologi, komposisi serta informasi kristalogi.

SEM merupakan mikroskop electron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Pada prinsip kerja SEM, dua sinar elektrone digunakan secara simultan. Satu strike specimen digunakan untuk menguji dan yang lainnya CRT Cathode Ray Tube) memberikan tampilan gambar. SEM menggunakan prinsip scanning, maksudnya berkas electron diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerak berkas elektrone dari satu titik ke titik yang ada pada suatu daerah objek merupakan gerakan membaca. Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, *electron column* dan *display console*.

BAB III. METODE PENELITIAN

Adapun skema penelitian mengikuti Gambar 10.



Gambar 10. Skema penelitian

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen di laboratorium.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian terdiri dari:

- a. UTM (*Universal Testing Machine*), kapasitas 1000 kN
- b. Compressometer
- c. Data Logger
- d. Satu Set Komputer
- e. Scanning Electron Microscope (SEM)

Sedangkan bahan penelitian terdiri dari:

- a. Semen PCC
- b. Agregat Kasar dan Agregat Halus
- c. Dramix 3D steel fiber
- d. Cacahan botol plastik PET
- e. Superplasticizer
- f. Larutan NaOH (*Natrium Hidroksida*)

C. Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dan balok berukuran 10 x 10 x 40 cm. Benda uji di curing dalam air tawar hingga umur 28 hari. Adapun jumlah benda uji dan jenis pengujian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jumlah benda uji

JENIS PENGUJIAN	BENDA UJI	SERAT BAJA	PLASTIK PET	UMUR PENGUJIAN		
				7 HARI	14 HARI	28 HARI
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Silinder 10x 20 cm	0,5%	0%	3	3	3
		0,5%	10%	3	3	3
		0,5%	15%	3	3	3
		0,5%	20%	3	3	3
Kuat Tarik Belah	Silinder 10x 20 cm	0,5%	0%	-	-	3
		0,5%	10%	-	-	3
		0,5%	15%	-	-	3
		0,5%	20%	-	-	3
Kuat Lentur	Balok 10x10x40 cm	0,5%	0%	-	-	3
		0,5%	10%	-	-	3
		0,5%	15%	-	-	3
		0,5%	20%	-	-	3
Total				48 silinder dan 12 balok		



Gambar 11. *Universal Testing Machine*

D. Prosedur Penelitian

D.1. Pengujian Karakteristik Agregat

Sebelum pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap karakteristik agregat halus dan kasar (Tabel 4). Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan SNI yang meliputi:

Tabel 4. Jenis pengujian dan standar

No.	Jenis Pemeriksaan	Standar Yang Digunakan	
		Agregat Halus	Agregat Kasar
1.	Pemeriksaan Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990
2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 1970-2008	SNI 1969-2008
3.	Pemeriksaan Berat Volume	SNI 03-1973-1990	SNI 03-1973-1990
4.	Pemeriksaan Kadar Air	SNI 03-1971-1990	SNI 03-1971-1990
5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	SNI 03-4142-1996
6.	Pemeriksaan Kadar Organik	SNI 03-2816-1992	-
7.	Pemeriksaan Abrasi/ Keausan	-	SNI 2417-2008

D.2. Rancang Campuran Beton (*Concrete Mix Design*)

Metode rancangan campuran (*mix design*) yang digunakan adalah metode ACI dengan factor air semen 40% dan penambahan Dramix 0.5% dan superplasticizer 0,5% terhadap berat semen. Berikut langkah-langkah perencanaan campuran beton.

1. Menentukan nilai faktor air semen dan nilai slump. Nilai faktor air semen yang ditentukan adalah sebesar 40%. Pada penelitian ini nilai slump yang direncanakan adalah 10 ± 2 cm.
2. Menentukan jumlah kadar air. Kadar air yang digunakan pada campuran beton memiliki nilai yang tetap yaitu sebesar 185 kg/m^3 .
3. Menghitung jumlah semen sesuai dengan faktor air semen dan jumlah air yang telah ditentukan.
4. Penentuan komposisi agregat.

D.3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 48 buah dan balok berukuran 10 x 10 x 40 cm sebanyak 12 buah. Benda uji dicuring dalam air tawar dengan suhu konstan 20°C hingga umur 28 hari. Detail pengujian dan jumlah benda uji dilihat pada Tabel 3 dan 4.

D.4. Pengujian Benda Uji

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin UTM (Gambar 11).

D.4.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton (f_c) adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974-2011 pengujian kuat tekan pemberian beban tekan aksial terhadap benda uji beton berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan, ada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji.

Pengujian kuat tekan beton dapat digunakan sebagai dasar untuk pengendalian mutu dan komposisi campuran beton, proses pencampuran dan kegiatan pengecoran beton, penentuan hasil pekerjaan yang memenuhi spesifikasi dan evaluasi keefektifan bahan tambah serta pengendalian kesetaraan penggunaannya. Nilai yang dihasilkan akan tergantung pada ukuran dan bentuk benda uji, penimbangan, prosedur pencampuran, metode pengambilan contoh, pencetakan dan umur, temperature dan kondisi kelembaban selama perawatan.

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan.

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

Dimana f_c = Kuat tekan beton (MPa atau N/mm²).

P = Gaya tekan aksial (N).

A = Luas penampang melintang benda uji (mm²).



Gambar 12. Pengujian Kuat Tekan

D.4.2 Kuat Tarik Belah

Konstruksi beton yang dipasang mendatar sering menerima beban tegak lurus sumbu bahannya dan sering mengalami rekahan (*splitting*). Hal ini terjadi karena daya dukung beton terhadap gaya lentur tergantung pada jarak dari garis berat beton, makin jauh dari garis berat makin kecil daya dukungnya.

Kekuatan tarik relatif rendah untuk beton normal berkisar antara 9%- 15% dari kuat tekan. Pengujian kuat tarik beton dilakukan melalui pengujian belah silinder. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan 0,50-0,60 kali $\sqrt{f_c'}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai 0,57 $\sqrt{f_c'}$. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cylinder strength*. Menurut SNI 03-2491-2002 besarnya tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$f_r = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

dimana,

f_r = Kuat Tarik Belah (N/mm^2)

P = Beban pada Waktu Belah (N)

L = Panjang Benda Uji Silinder (mm) D

= Diameter benda uji silinder (mm)

Alasan utama dari kuat tarik yang kecil bahwa pada kenyataannya beton dipenuhi retak-retak halus yang tidak dipengaruhi bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekan, berbeda jika beton menerima beban tarik. Pengujian kuat tarik belah digunakan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton (SNI 03-2491-2002).



Gambar 13. Pengujian Tarik Belah

D.4.3 Kuat Lentur

Yang dimaksud dengan kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Metode pengujian kuat lentur di laboratorium dengan menggunakan balok uji yaitu balok beton yang berpenampang

bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnya (SNI 4431:2011).



Gambar 14. Pengujian Kuat Lentur

Jarak titik belah balok sampai ujung balok sangat penting untuk menentukan rumus yang dipakai, yaitu :

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (3)$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik dan titik patah kurang dari 5 % dari panjang titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (4)$$

Dimana a = Jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen.

D.4.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang (Murdock & Brook, 1991). Beton tidak memiliki modulus elastisitas yang pasti. Nilainya bervariasi tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik serta perbandingan semen dan agregat (McCormac, 2003).

Modulus elastisitas beton hasil pengujian laboratorium dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan menggunakan rumus menurut ASTM C 469-02:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,000050} \quad (5)$$

dimana,

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

S₂ = Tegangan pada 40% tegangan runtuh (N/mm²)

S₁ = Tegangan pada saat regangan 0,000050 (N/mm²)

ε₂ = Regangan pada saat S₂

Modulus Elastisitas beton juga dapat dihitung dengan rumus empiris menurut (SNI 2847-2013), yaitu :

3. Beton Normal $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$
4. Beton dengan $w_c = 1440 - 2560 \text{ Kg/m}^3$

dimana,

E = Modulus Elastisitas (N/mm²)

f'_c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)

w_c = Berat Jenis Beton (Kg/m³)



Gambar 15. Modulus Elastisitas

D.4.5 Metode Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Elctrone Microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk memperlihatkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Elektrone ditembakkan dan berinteraksi dengan bahan sehingga menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang permukaan bahan meliputi topografi, morfologi, komposisi serta informasi kristalogi.

SEM merupakan mikroskop electron yang banyak digunakan untuk analisa permukaan material. SEM juga dapat digunakan untuk menganalisa data kristalografi, sehingga dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa. Pada prinsip kerja SEM, dua sinar elektrone digunakan secara simultan. Satu strike specimen digunakan untuk menguji dan yang lainnya CRT (*Cathode Ray Tube*) memberikan tampilan gambar. SEM menggunakan prinsip scanning, maksudnya berkas electron diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerak berkas elektrone dari satu titik ke titik yang ada pada suatu daerah objek merupakan gerakan membaca. Komponen utama SEM terdiri dari dua unit, *electron column* dan *display console*.

BAB VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dalam penelitian kali ini meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis, kadar air, berat volume, kadar lumpur, dan kadar organik. Sedangkan pengujian terhadap agregat kasar dalam penelitian ini meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis, kadar air, berat volume, kadar lumpur, dan keausan agregat. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 5, sedangkan untuk perhitungan dan data hasil pengujian secara lengkap terdapat pada lampiran.

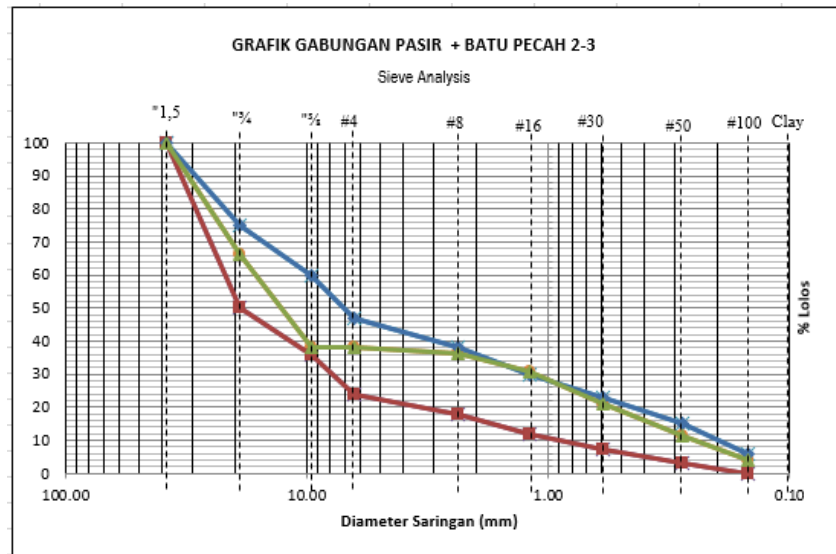
Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat

No.	URAIAN PENGUJIAN	SATUAN	HASIL PENGUJIAN			SPESIFIKASI (ASTM)	
			SEMEN	PASIR	B. Pecah 2-3	PASIR	B. Pecah
1	Modulus Kehalusan	-		2,27	7,54	2,2 - 3,1	5,5 - 8,5
2	Berat Jenis Semu	-		2,79	2,72		
3	Berat Jenis Kering	-		2,46	2,56		
4	Berat Jenis SSD	-		2,58	2,62	1,6 - 3,2	1,6 - 3,2
5	Water Absorption	%		4,82	2,17	0,2 - 5,0	0,2 - 5,0
6	Kadar Air	%		4,31	1,19	3,0 - 5,0	0,5 - 2,0
7	Kadar Lumpur	%		5,59	0,43	0,2 - 6,0	0,2 - 1,0
8	Kadar Organik	-		2		< 2	
9	Keausan Agregat	%			23,70		Max. 40 %
10	Berat Volume Gembur	kg/ltr	1,15	1,38	1,29		
11	Berat Volume Padat	kg/ltr		1,44	1,44	1,4 - 1,9	1,6 - 1,9

B. Komposisi Bahan Campuran Beton

Berdasarkan data hasil pengujian analisa saringan agregat untuk campuran beton yang terdiri dari bahan pasir, batu pecah, dan cacahan limbah botol plastik jenis PET, maka variasi gabungan bahan dirancang sesuai metode ACI dengan ukuran maksimum agregat 20 mm. Variasi komposisi campuran pada awalnya

dihtiung dengan cara percobaan prosentase gradasi gabungan antara pasir dan batu pecah tanpa menambahkan cacahan botol plastik, diperoleh hasil perbandingan 37,91% pasir dan 62,09% batu pecah. Hasil gabungan gradasi diplotkan dalam grafik gabungan gradasi agregat seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Gabungan Pasir + Batu Pecah 2-3

Gradasi hasil gabungan agregat pada Gambar 16 sebagai dasar komposisi agregat awal dalam menentukan variasi selanjutnya dengan menetapkan prosentase pasir 37,91% sebagai komposisi konstan sekaligus sebagai komposisi campuran bahan beton kontrol, sedangkan variasi selanjutnya presentase batu pecah berkurang berbanding dengan penggantian/penambahan cacahan limbah botol plastik jenis PET.

Berdasarkan hasil dari gabungan agregat untuk campuran beton, hasil pengujian kadar air, berat jenis, dan penyerapan agregat, diperhitungkan dalam format rancangan beton sesuai SNI 7656-2012 dengan konstanta yang ditetapkan

adalah :

- Ukuran Maksimum Agregat : 30 mm
- Faktor Air Semen (FAS) : 40 %
- Presentase Pasir : 37,91 %
- Kandungan Air : 185,0 kg/m³
- Kandungan Udara : 4,00 %
- Prosentase Dramix 3D 80/60 : 0,50 % (dari berat semen)
- Superplasticizer (Plastocrete) : 0,50 % (dari berat semen)

Karakteristik dari masing-masing empat jenis variasi beton dihitung dan disusun seperti diberikan pada Tabel 6. Proses pencampuran beton dilaksanakan menggunakan mesin mixer, sebelum dicampur agregat ditimbang dan disiapkan dalam kondisi Saturated Surface Dry (SSD).

Tabel 6. Hasil Perhitungan Komposisi Bahan Untuk Campuran Beton (m³)

No.	BAHAN BETON	BERAT			
		0% PET	10% PET	15% PET	20% PET
		kg / m ³	kg / m ³	kg / m ³	kg / m ³
1	Air	185,00	185,00	185,00	185,00
2	Semen	462,50	462,50	462,50	462,50
3	Pasir	613,49	613,49	613,49	613,49
4	B. Pecah 2 - 3	1021,63	919,47	868,39	817,31
5	Dramix 3D 80/60	2,31	2,31	2,31	2,31
6	Plastik HDPE	0,00	46,38	69,57	92,75
7	Plastocrete	2,31	2,31	2,31	2,31

Tabel 6. memperlihatkan bahwa semua variasi campuran ditambahkan plastocrete sebagai superplasticizer yang digunakan untuk memperbaiki workability beton. Hal ini dilakukan karena seiring bertambahnya kadar plastik PET, proses pengadukan dan pemadatan juga semakin sulit dilakukan.

C. Sifat Mekanik Beton

Pengujian perilaku mekanik beton yang dilaksanakan dalam penelitian ini terdiri dari pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik belah beton, pengujian kuat lentur beton, dan pengujian modulus elastisitas. Hasil analisis untuk masing-masing pengujian dijelaskan sebagai berikut :

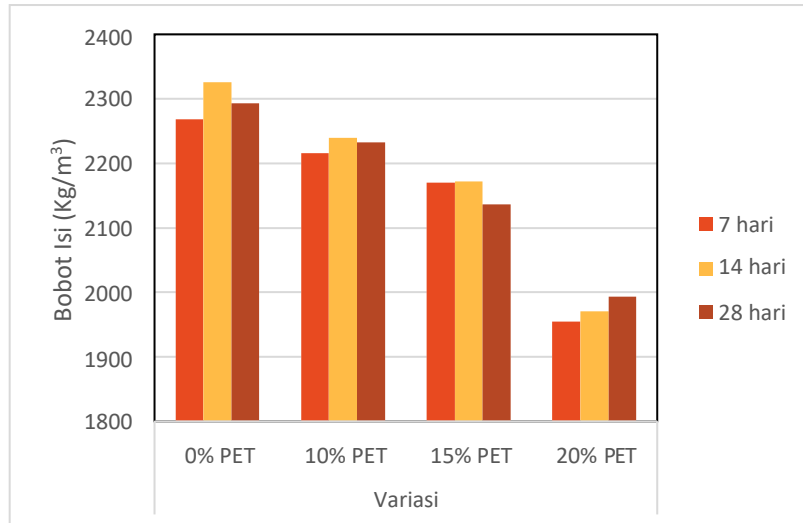
C.1. Analisis Bobot Isi Beton

Bobot isi beton yang dihasilkan untuk berbagai variasi kadar plastik PET, dilakukan analisis untuk menemukan hubungan antara kadar plastik PET yang digunakan terhadap bobot isi rata-rata dari campuran beton. Nilai bobot isi setiap variasi beton berdasarkan kadar plastik PET diberikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Bobot Isi Beton

Umur (hari)	Bobot Isi (Kg/m ³)			
	0% PET	10% PET	15% PET	20% PET
7 hari	2268,06	2215.44	2169,60	1954,63
14 hari	2325,78	2239.63	2171,72	1970,55
28 hari	2293,10	2232.41	2135,86	1992,83

Tabel 7. Menunjukkan penurunan nilai bobot isi beton terhadap plastik PET yang digunakan. Terlihat bahwa bobot isi untuk semua variasi jenis beton menurun dengan bertambahnya kadar plastik PET. Penurunan bobot isi beton dikarenakan bahan plastik PET sebagai pengganti batu pecah memiliki berat jenis dan bobot isi yang lebih kecil dibanding berat jenis dan bobot isi batu pecah. Hubungan penurunan bobot isi terhadap kadar plastik PET dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan Bobot Isi terhadap Kadar Plastik PET

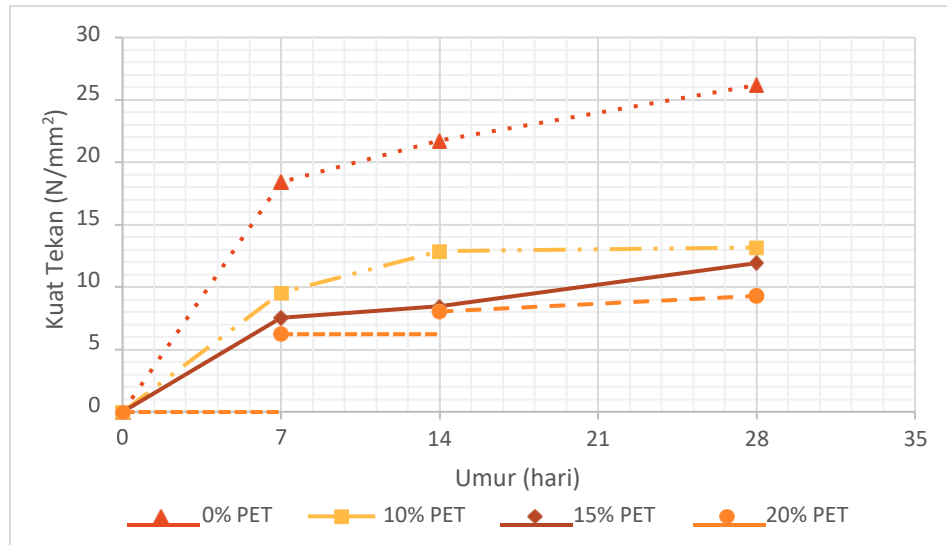
C.2 Analisis Kuat Tekan Beton



Gambar 18. Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton

Hubungan variasi kadar plastik PET dengan nilai kuat tekan beton

karakteristik untuk pengujian kali ini dihitung berdasarkan spesifikasi yang ditentukan dalam ASTM C39/C39M-01 dan disajikan pada Gambar 10, sedangkan perhitungan secara lengkap disajikan pada lampiran.



Gambar 19. Kuat Tekan Beton terhadap Variasi Kadar Plastik PET

Pada Gambar 19 menunjukkan nilai kuat tekan mengalami penurunan dari beton normal. Dimana pada beton 0% PET sebesar 33,410 Mpa pada 10% PET menjadi 13,165 Mpa menurun sebesar 60,596%. Sama halnya dengan variasi 15% PET juga mengalami penurunan sebesar 64,323% dari beton normal dengan kuat tekan sebesar 11,920 Mpa dan 9,288 MPa pada penambahan 20% PET, menurun sebesar 72,199 %.

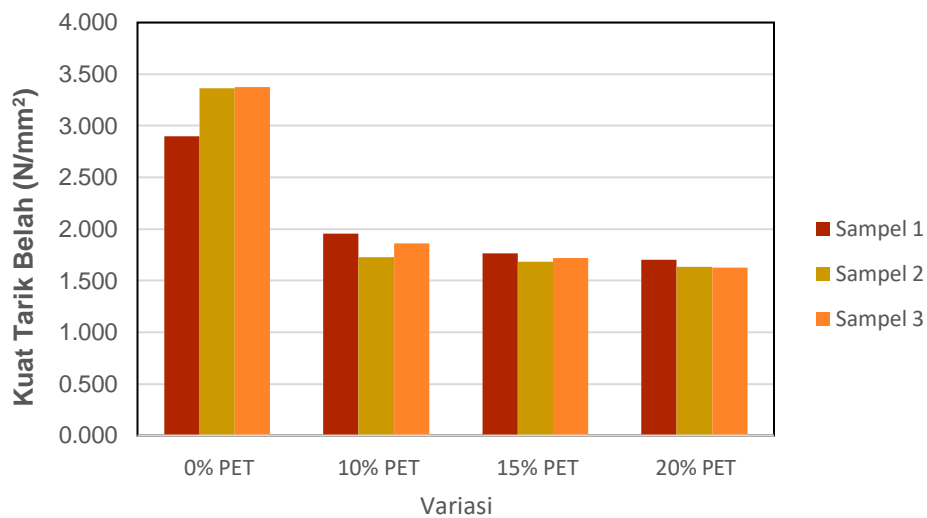
C.3. Analisis Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 20. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.

Hasil pengujian kuat tarik belah pada umur hidrasi 28 hari, dilakukan analisis untuk menemukan hubungan antara kuat tarik belah terhadap variasi

kadar plastik PET yang mengacu pada persamaan (2). Dalam analisis ini digunakan nilai dari 3 benda uji yang diperoleh untuk tiap variasi. Perbedaan kuat tarik belah dari masing-masing variasi benda uji disampaikan seperti pada Gambar 21, sedangkan data hasil perhitungan disajikan lebih lengkap pada lampiran.



Gambar 21. Kuat Tarik Belah terhadap Variasi Kadar Plastik PET

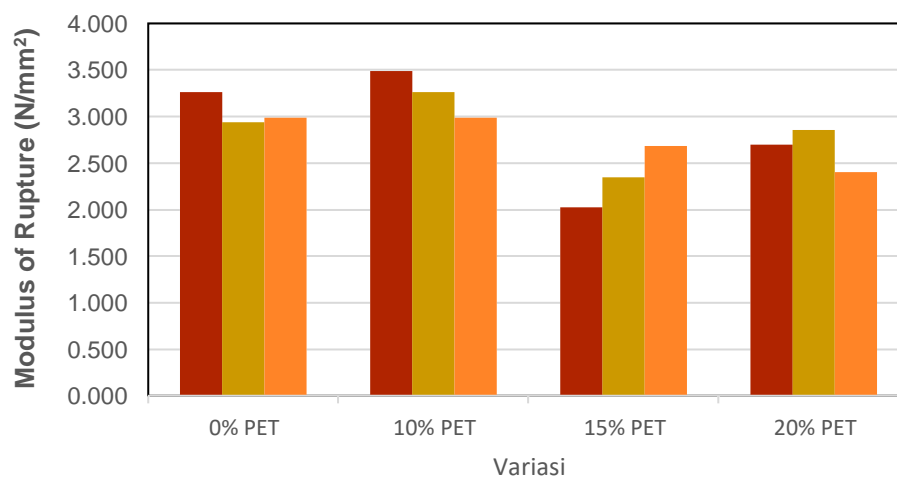
Pada Gambar 21 menunjukkan nilai kuat tarik antara beton normal dan variasi PET yang mengalami penurunan. Dimana pada beton normal nilai kuat tarik sebesar 3,213 Mpa, saat penambahan 10% PET mengalami penurunan 42,478% menjadi 1,848 Mpa. Kemudian pada penambahan 15% PET juga dengan hasil yang sama mengalami penurunan sebesar 46,407% menjadi 1,722 Mpa nilai kuat tariknya. Dan yang terakhir pada penambahan 20% PET juga mengalami penurunan yaitu sebesar 48,55% nilai kuat tarik menjadi 1,653 Mpa.

C.4. Analisis Kuat Lentur



Gambar 22. Pengujian Kuat Lentur Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah pada umur hidrasi 28 hari, dilakukan analisis untuk menemukan hubungan antara kuat lentur terhadap variasi kadar plastik PET. Dalam analisis ini digunakan nilai dari 3 benda uji yang diperoleh untuk tiap variasi. Pada pengujian kali ini, semua benda uji patah di 1/3 bentang tengah. Sehingga hasil modulus of rupture mengacu ke persamaan (3). Perbedaan kuat lentur dari masing-masing variasi benda uji disajikan pada Gambar 23, sedangkan data hasil perhitungan disajikan lebih lengkap pada lampiran.



Gambar 23. Kuat Lentur terhadap Variasi Kadar Plastik PET

Peran plastik PET sebagai pengganti agregat kasar mengakibatkan bobot isi

beton menjadi lebih ringan. Namun selain itu plastik juga dapat berperan sebagai serat pada beton karena bentuknya yang memanjang dan memiliki regangan yang baik. Dalam campuran ini plastik PET berfungsi untuk menahan microcracks pada beton. Microcracks merupakan retak-retak berukuran sangat kecil yang pasti akan terbentuk dalam proses pengerasan beton.

Dramix 3D adalah salah satu jenis serat baja yang diharapkan dapat menghambat laju retak ketika beban kerja mulai ditanggung oleh elemen struktur, dengan keberadaan Dramix 3D akan memberikan kontribusi dalam meningkatkan kuat lentur beton secara signifikan. Dalam kondisi ini diharapkan serat dapat memberikan efek penjemputan (*bridging effect*) yang mampu menahan gaya tarik. Hal ini dapat dilihat pada pengujian dimana sampel tidak terbelah seperti yang terlihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Sampel Pengujian Kuat Lentur

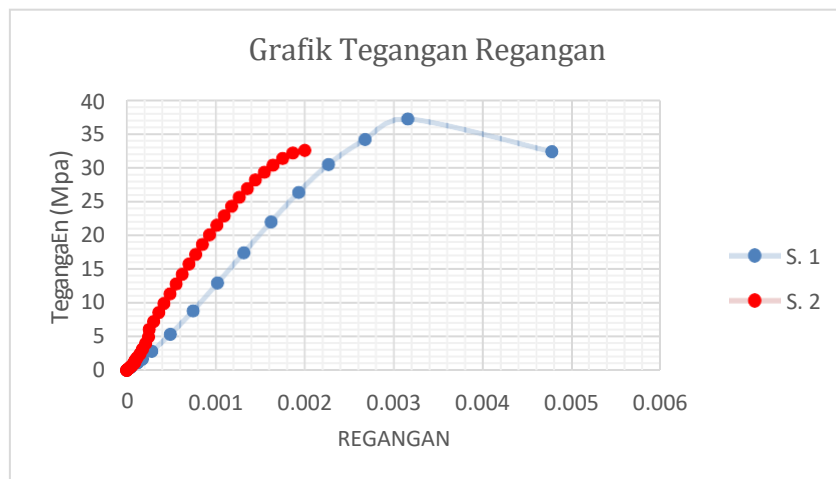
C.5 Analisis Modulus Elastisitas

Hasil pengujian modulus elastisitas pada umur hidrasi 28 hari, dilakukan analisis untuk menemukan grafik hubungan antara tegangan dan regangan serta hubungan antara modulus elastisitas terhadap variasi kadar plastik PET. Dalam

analisis ini digunakan nilai dari 3 sampel yang diperoleh untuk tiap variasi. Hubungan tegangan dan regangan untuk tiap variasi disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

1. Variasi 0% PET

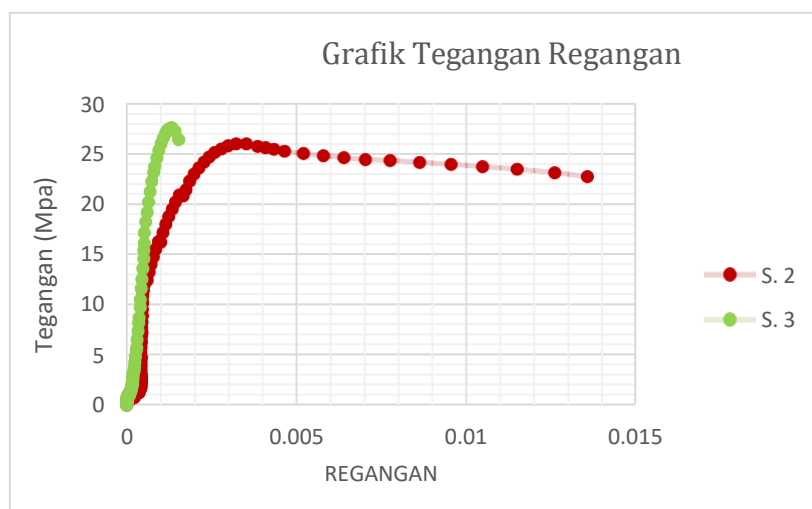
Perbedaan hubungan tegangan dan regangan untuk variasi 0% PET pada tiap sampelnya dapat dilihat pada gambar 25.



Gambar 25. Hubungan Tegangan dan Regangan Variasi 10% PET

2. Variasi 10% PET

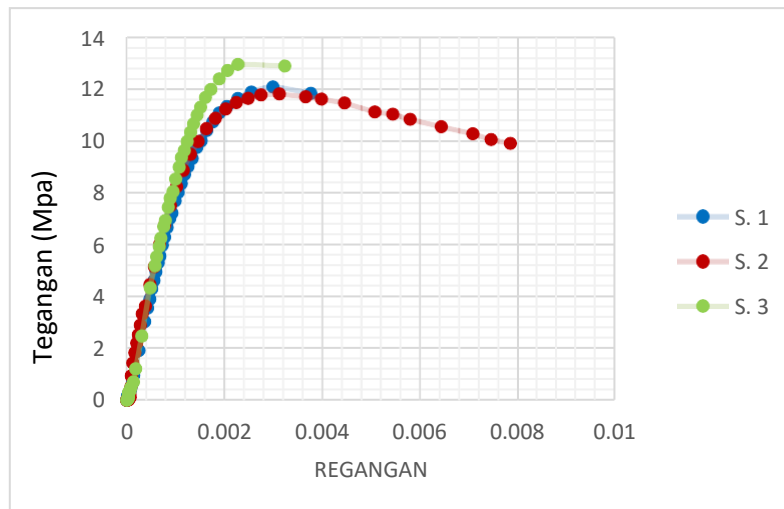
Perbedaan hubungan tegangan dan regangan untuk variasi 10% PET pada tiap sampelnya dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Hubungan Tegangan dan Regangan Variasi 10% PET

3. Variasi 15% PET

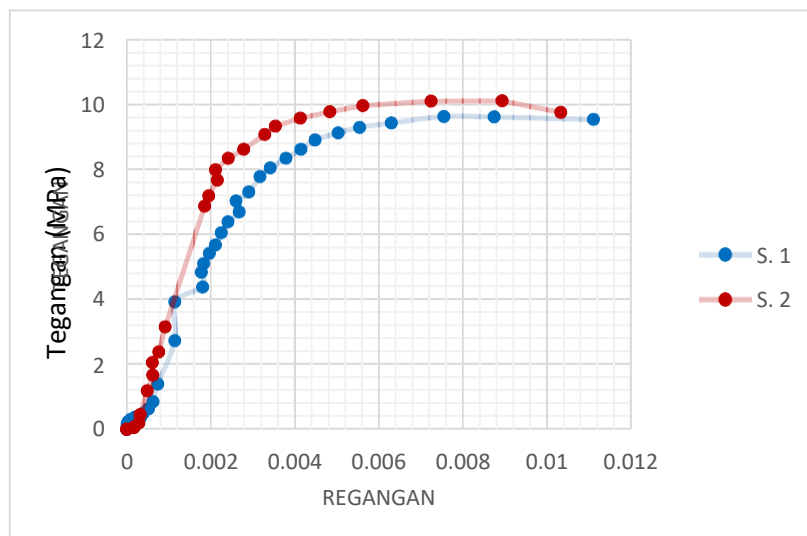
Perbedaan hubungan tegangan dan regangan untuk variasi 15% PET pada tiap sampelnya dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Hubungan Tegangan dan Regangan Variasi 15% PET.

4. Variasi 20% PET

Perbedaan hubungan tegangan dan regangan untuk variasi 20% PET pada tiap sampelnya dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Hubungan Tegangan dan Regangan Variasi 20% PET

Dari grafik untuk tiap variasi diatas dilakukan analisis perhitungan modulus elastisitas yang mengacu pada persamaan (5), (6) dan (7). Perhitungan yang dilakukan disajikan pada Tabel 8.

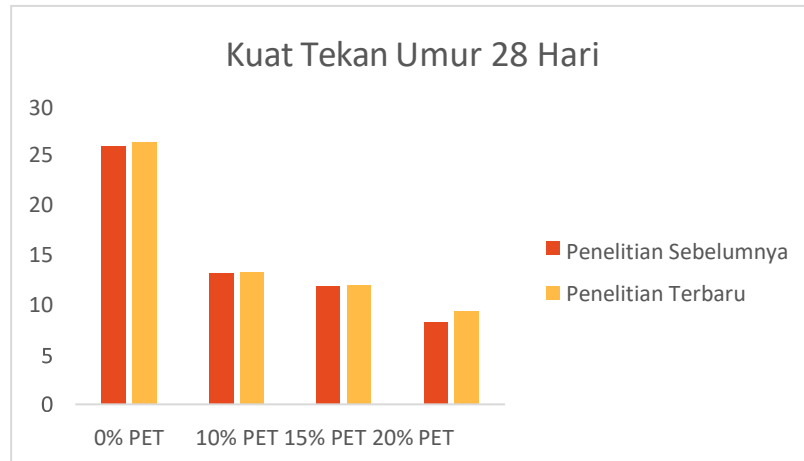
Tabel 8. Perhitungan Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas

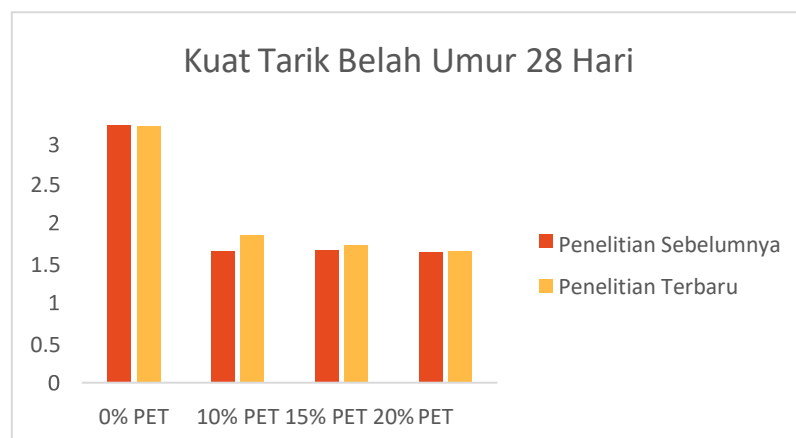
ASTM C 469-02

Variasi	ϵ_1	S_1 (N/mm ²)	ϵ_2	S_2 (N/mm ²)	f'_c (N/mm ²)	W_c (Kg/m ³)	$E_{C\text{Aktual}}$ (N/mm ²)	$E_{C\text{teori 1}}$ (N/mm ²)	$E_{C\text{teori 2}}$ (N/mm ²)
								$W_c^{1,5} \times 0,043\sqrt{f'_c}$	$4700\sqrt{f'_c}$
0% PET	0.00005	0.4852	0.0011	14.88392	21.73	2296.9	13091.0074	22067.77	21911.28459
		0.614	0.0006	13.02219				21976.09	
		1.9308	0.001	13.40837				21994.41	
Rata-rata							16230.01	22012.76	
10% PET	0.00005	0.0373	7E-05	0.3907	12.46	2237.1	23563.447	16058.09	16588.24309
		0.4384	0.0005	10.383				15743.81	
		1.0204	0.0004	11.021				16222.88	
Rata-rata							25011.4101	16008.26	
15% PET	0.00005	0.2901	0.0006	4.8286	9.41	1976.7	8520.69832	11592.11	14417.1516
		0.0299	0.0005	4.7213				11558.53	
		0.3207	0.0006	5.1746				12054.34	
Rata-rata							9313.94449	11734.99	
20% PET	0.00005	0.2417	0.0011	3.8465	7.78	2107.2	3292.04499	11599.95	13107.60518
		0.0149	0.0011	4.0384				12209.70	
		0.0822	0.0002	3.6679				11705.24	
Rata-rata							10037.8441	11838.30	

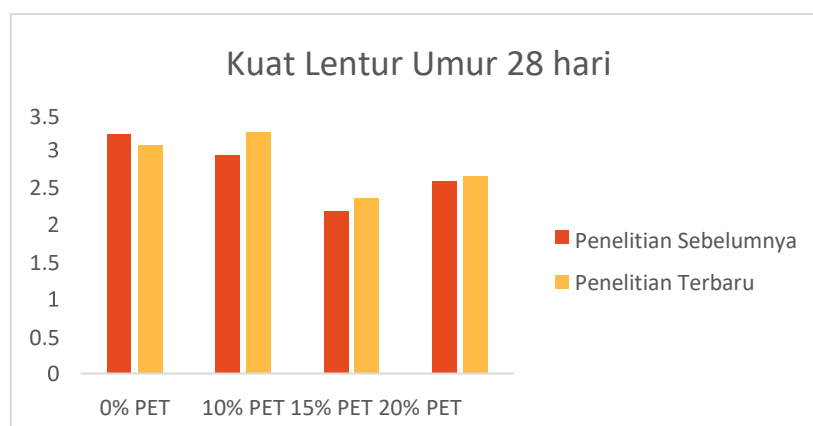
C.6 Perbandingan Efek dari Treatment NaOH dengan Penelitian Sebelumnya.



Gambar 29. Kuat tekan umur 28 hari



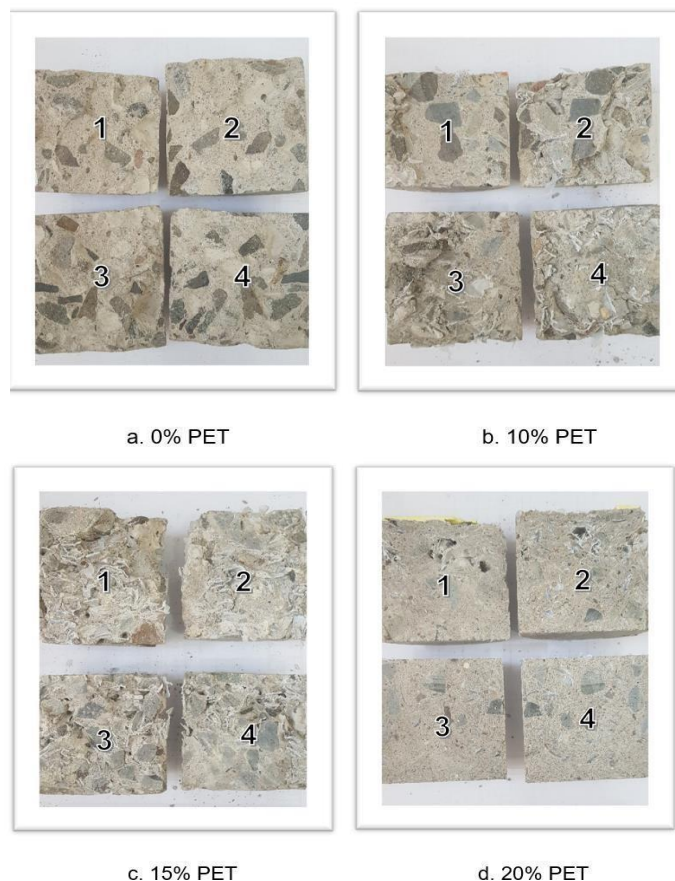
Gambar 30. Kuat tarik belah umur 28 hari



Gambar 31. Kuat lentur umur 28 hari

Efek dari perendaman NaOH ini lebih kearah membersihkan kotoran-kotoran atau bahan kimia yang menempel pada plastik PET yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton. Pada gambar 28-30 dapat dilihat bahwa dengan treatment NaOH tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan pada setiap hasil variasi benda uji, kecuali pada pengujian kuat lentur 10%.

C.7 Distribusi Plastik Dalam Beton



Gambar 32. Pengujian Distribusi Dramix 3D dan Plastik PET.

Hasil pengujian distribusi Dramix 3D dan plastik PET, menunjukkan pengaruh plastocrete dalam meningkatkan workability beton. Dalam pengujian ini tiap variasi kadar plastik PET diambil masing-masing satu sampel yang di bagi menjadi empat segmen dan dihitung jumlah Dramix 3D serta plastik PET tiap segmennya. Pembagian segmen yang dilakukan disajikan pada Gambar 32.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Jumlah Plastik PET dan Dramix 3D

Variasi	Jumlah Plastik PET				Jumlah Dramix 3D			
	1	2	3	4	1	2	3	4
0% PET	0	0	0	0	0	0	1	0
10% PET	96	63	82	80	0	0	0	1
15% PET	113	115	81	62	3	2	0	0
20% PET	235	231	247	260	2	1	0	1

Tabel 9. menunjukkan bahwa distribusi jumlah plastik pada penambahan 10% PET cenderung terbagi merata sehingga workability beton pada variasi ini masih tergolong baik. Namun pada penambahan 15% PET distribusi jumlah plastik cenderung lebih banyak pada bagian atas silinder. Hal ini dikarenakan pada saat pemadatan, plastik yang memiliki berat jenis yang lebih ringan cenderung terangkat kebagian atas silinder, akibatnya bagian atas silinder jadi lebih berongga. Oleh karena itu penambahan plastocrete pada variasi 20% PET sangat dibutuhkan untuk memperbaiki workability beton. Pengaruh penambahan plastocrete pada semua variasi PET dapat dilihat dari hasil distribusi jumlah plastik yang cenderung merata pada tiap segmennya.

Pengaruh penambahan plastocrete juga dapat dilihat dari hasil *slump test*. Dimana hasil *slump test* yang didapatkan lebih tinggi setelah ditambahkan plastocrete, dimana plastocrete meningkatkan *workability* beton. Berikut hasil *slump test* disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil *Slump Test*

Variasi	Nilai Slump (cm)
0% PET	11,00
10% PET	7,00
15% PET	7,00
20% PET	9,00

C.8 Pengamatan SEM Beton

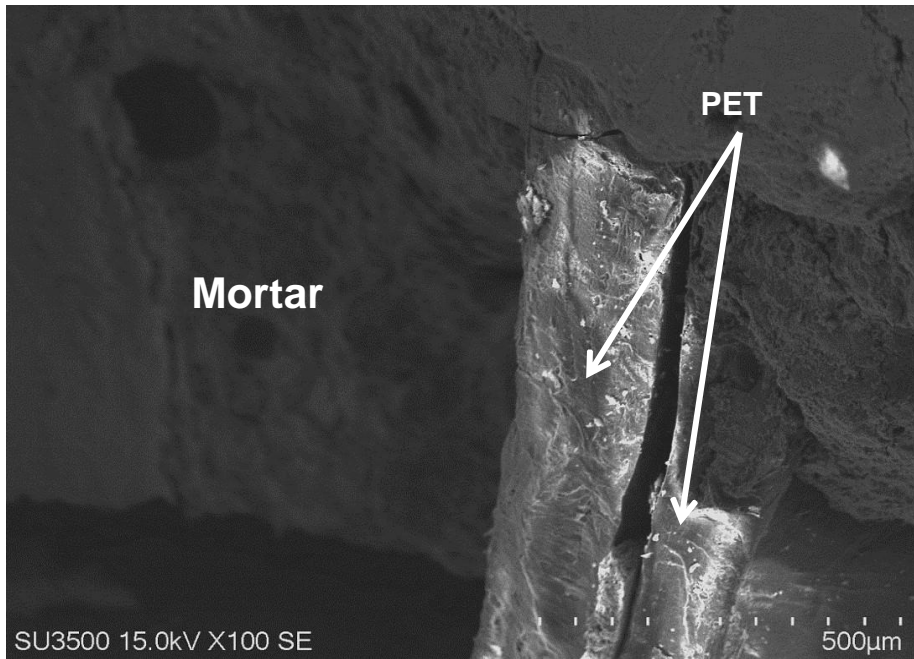
Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui orientasi atau kondisi lekatan antara partikel PET dan matriks beton. Gambar 34 menunjukkan kondisi partikel PET dalam beton. Secara umum dapat dilihat bahwa partikel PET tertanam dalam matriks/mortar beton secara sempurna (Gambar 34a). Akan tetapi pada bagian interface antara partikel PET dan matriks/mortar beton terdapat retak yang diakibatkan oleh gaya tarik yang terjadi pada partikel PET saat dibebani, meskipun demikian partikel PET tidak tercabut (*pull-out*) dari matriks beton (Gambar 34b). Hal

ini menunjukkan bahwa PET partikel mampu mentransfer beban yang terjadi pada saat beton menerima beban, sehingga penambahan partikel PET mampu meningkatkan daktilitas beton. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur dimana pola kerusakan pada benda uji kuat tekan didominasi retak kecil yang menyebar secara merata pada permukaan beton tanpa terjadi spalling (Gambar 33).

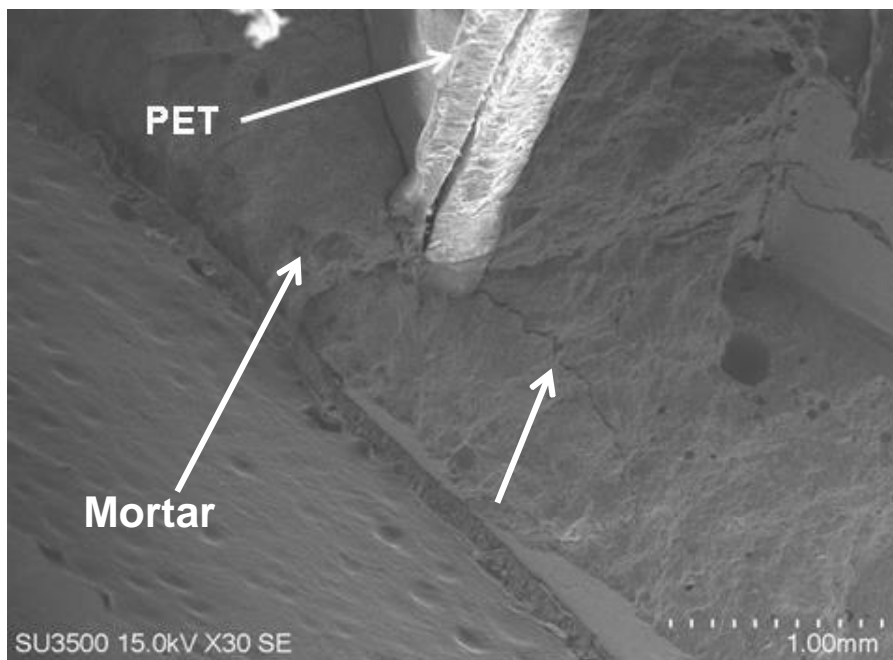


Gambar 33. Pola retak columnar

Sedangkan substitusi partikel PET 10% menghasilkan nilai kuat lentur yang lebih besar dari pada beton tanpa partikel PET. Maka, dapat dikatakan bahwa penambahan partikel PET 10% sebagai substitusi agregat kasar mampu meningkatkan sifat daktilitas dan kuat lentur beton.



Gambar 34a. Interface antara partikel PET dan matrik/mortar beton



Gambar 34b. Retak pada interface PET dan mortar

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perilaku mekanik (kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas) mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah PET pada beton. Sedangkan kuat lentur meningkat 5,971% dengan penambahan 10% PET dibandingkan beton normal.
2. Distribusi PET pada beton untuk beberapa variasi seperti 15% dan 20% tidak tersebar merata atau tidak homogen sehingga terjadi segregasi, hal ini terjadi karena kecenderungan lebih banyak serat pada sisi atas. Hal ini diakibatkan pengaruh berat jenis plastik yang lebih ringan sehingga serat cenderung ke sisi atas beton.
3. Berdasarkan hasil pengujian SEM menunjukkan partikel PET tertanam dengan baik dalam matriks beton, Hal ini sejalan dengan hasil pengujian kuat tekan dan kuat lentur dimana pola kerusakan pada benda uji kuat tekan didominasi retak kecil yang menyebar secara merata pada permukaan beton tanpa terjadi spalling. Sedangkan substitusi partikel PET 10% menghasilkan nilai kuat lentur yang lebih besar dari pada beton tanpa partikel PET. Maka, dapat dikatakan bahwa penambahan partikel PET 10% sebagai substitusi agregat kasar mampu meningkatkan sifat daktilitas dan kuat letur beton.

B. Saran

1. Perlu diperhatikan waktu pemadatan dan tipe pemadatan yang digunakan sehingga tetap homogen dan tidak terjadi segregasi.
2. Perlu dilakukan pengujian durabilitas, porositas, ketahanan terhadap klorida, asam sulfat dan lingkungan basah-kering pada beton yang menggunakan plastik PET.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, 2017, Pengaruh Penambahan Serat Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) pada Beton Normal Terhadap Kuat Lentur. Universitas Jember, Jember
- Anonimus, 2018, Jejak Awal Petrokimia Mesir Hingga tak Tergantikan, Available from: (<https://www.validnews.id/Jejak-Awal-Petrokimia-Mesir-Hingga-Tak-Tergantikan-wlJ>) Update : May 30, 201. Accessed April 12, 2019.
- ASTM C469 - 02, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- ASTM C494 82, *Classification 7 type admixture*.
- C.P. Dillon, 2001, in Encyclopedia of Materials: Science and Technology.
- CNN Indonesia, 2019, Aturan Soal Pengurangan Sampah di Sector Bisnis Terbit 2019, Available from: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20190311151320-92-376221/aturan-soal-pengurangan-sampah-di-sektor-bisnis-terbit-2019>. Update : March 12, 2019. Accessed April 12, 2019.
- Erric Permana, 2019, Indonesia Hasilkan 67 Juta Ton Sampah pada 2019, Available from: <https://www.aa.com.tr/id/headline-hari/indonesia-hasilkan-67-juta-ton-sampah-pada-2019/1373712>. Update : Jan 24,2019. Accessed April 12, 2019.
- Fathurrachman, 2019, Studi Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Pengganti Agregat Pada Beton Serat.
- J.Thornycroft., J.Orr, P.Savoikar, R.J.Ball., 2017, Performance of Structural Concrete with Recycled Plastic Waste as a Partial Replacement for Sand
- Job T.& Ananth R., 2007, Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete
- Liu, F., Yan, Y. and Lan, C., 2015, Performance of Recycled Plastic- Based Concrete Journal Materials and Civil.
- McCormac. Jack C (2003), Desain Beton Bertulang Edisi Kelima ".Jakarta: Erlangga.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1991, Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G. 2010. Concrete Construction Engineering Handbook. New York: CRC

Press.

Neville. A. M. dan Brooks J.J., 2005, *Concrete Technology :4th Edition*, New York: Longman Scientific & Technical.

Nugraha, Paul dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Andi Offset. Osei, D.Y, 2014, Experimental Investigation on Recycled Plastics as Aggregate in Concrete, *International Journal in Structure and Civil Engineering Research* **3**(2), pp. 168-74.

Patil, P.S, Mali, J.R, Tapkire, G.V and Kumavat, H.R., 2014, Innovative Techniques of Waste Plastic Used in Concrete Mixture, *International Journal Research Engineering Technology*, **3**(9), pp.29-32.

Patty, A. H. dan M. Sahari Besari, 2005, Penentuan Tegangan Leleh Beton Ringan Serat Baja Disolusikan secara Numerik. Universitas Pelita Harapan.

Prisai Product, 2017, Concrete Reinforcement & Tools Design, Available from (<https://www.prisai.com/produk.html>).

Pubi 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum.

Purwaningrum, Pramati, 2016, Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan, *JTL Vol 8 No.2*, Universitas Trisakti, Jakarta.

Rebeiz, K.S., Rosett, J.W and Craft, A.P., 1996, Strength Properties of Polyester Mortar using PET and Fly Ash Wastes, *Journal Energy Engineering*, 122(1) 11052.

R Irmawaty, at all, 2020, Mechanical Properties of Concrete Using Plastic Waste, *EICSE2019 IOP Conf. Series: Materials science and engineering* 875 (2020).

SK SNI T-15-1990-03. (1990), Tentang Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

SNI 03-1968-1990, Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.

SNI 03-2816-1992, Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus Untuk Beton.

SNI 03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200.

SNI 1969-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar. SNI 1970-2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

SNI 1973-2008, Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara

Beton.

SNI 1974-2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.

SNI 2417-2008, Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.

SNI-03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Beton Normal.

SNI-03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Beton Normal.

SNI-7656-2012, Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal Beton Berat dan Beton Massa.

Sofi, A and Phanikumar, B.R., 2015, Effect of Pond Ash and Steel Fibre on Engineering Properties of Concrete, Ain Shams Engineering Journal, 7(1), pp 89-99.

Sri Fadilah, 2018, <https://zerowaste.id/knowledge/symbol-dan-jenis-plastik/>.

Zhen, Y., et al, 2018, Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced Concrete by Vibratory Mixing Technology, Advances in Civil Engineering, Volume 2018, Article ID 9025715, 11 pages.

LAMPIRAN



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN/PENGUJIAN

Diterima

Tgl : 25 Mei 2019

No.	URAIAN PENGUJIAN	SATUAN	HASIL PENGUJIAN			SPESIFIKASI (ASTM)	
			SEMEN	PASIR	B. Pecah 2-3	PASIR	CHIPPING
1	Modulus Kehalusan	%		2.27	7.54	2,2 - 3,1	5,5 - 8,5
2	Berat Jenis Semu	-		2.79	2.72		
3	Berat Jenis Kering	-		2.46	2.56		
4	Berat Jenis SSD	-		2.58	2.62	1,6 - 3,2	1,6 - 3,2
5	Water Absorption	%		4.82	2.17	0,2 - 5,0	0,2 - 5,0
6	Kadar Air	%		4.31	1.19	3,0 - 5,0	0,5 - 2,0
7	Kadar Lumpur	%		6.31	0.43	0,2 - 6,0	0,2 - 1,0
8	Kadar Organik	No.		2		< 2	
9	Keausan Agregat	%			23.70		Max. 40 %
10	Berat Volume Gembur	kg/ltr	1.15	1.38	1.29		
11	Berat Volume Padat	kg/ltr		1.44	1.44	1,4 - 1,9	1,6 - 1,9

Gowa, 29 Mei 2019

a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



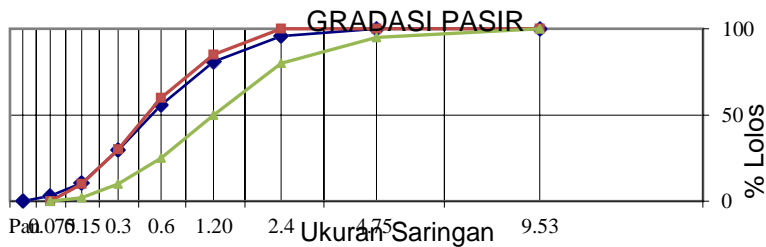
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa**

**ANALISA SARINGAN
ASTM C 136 - 01**

Nomor contoh : 01
Diterima Tgl : 25 Mei 2019

Sumber Contoh : Bili-bili
Macam Contoh : Pasir alam

Lubang ayakan	Pasir alam = 756.0 Gram			% lolos
	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
mm	gram	%	Σ %	
9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
2.4	32.00	4.23	4.23	95.77
1.20	112.00	14.81	19.05	80.95
0.6	190.00	25.13	44.18	55.82
0.3	198.00	26.19	70.37	29.63
0.15	144.00	19.05	89.42	10.58
0.075	56.00	7.41	96.83	3.17
Pan	24.00	3.17	100.00	0.00
JUMLAH	756.0	100.00	227.25	
Modulus kehalusan Pasir =			2.272	



Catatan: Gradasi pasir berada pada Zona 1 (Pasir kasar)

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



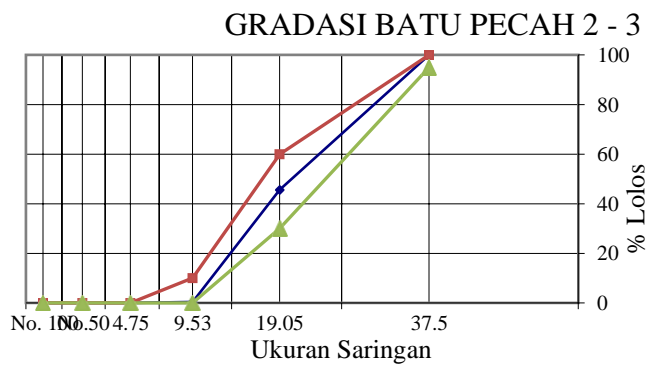
**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa**

**ANALISA SARINGAN
ASTM C 136 - 01**

Nomor contoh : 02
Diterima Tgl : 25 Mei 2019

Sumber contoh : Bili-bili
Macam Contoh : Batu Pecah

Lubang ayakan mm	Batu Pecah 2 - 3 = 1082.0 Gram			% lolos
	Tertahan gram	Tertahan		
		%	∑ %	
37.50	0.00	0.00	0.00	100.0
25.40	0.00	0.00	0.00	100.0
19.05	588.00	54.34	54.34	45.7
9.53	490.00	45.29	99.63	0.37
4.75	4.00	0.37	100.00	0.00
No.8 - 100	0.00	0.00	100.00	0.0
Pan	0.00	0.00	100.00	0.0
JUMLAH	1082.0	100.00	253.97	
Modulus kehalusan Kerikil =		7.540		



Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

SPECIFIC GRAVITY AGREGAT KASAR
ASTM C - 127 - 01

Nomor contoh : 02 Sumber contoh : Bili-bili
Diterima Tgl : 25 Mei 2019 Macam Contoh : Batu

Flask No : :.....

A. Berat contoh SSD diudara = 2162.0 gram

B. Berat contoh SSD dalam air = 1337.0 gram

C. Berat contoh kering = 2116.0 gram

Apparent specific gravity $\frac{C}{C - B}$ = 2.72

Bulk specific gravity on dry basic $\frac{C}{A - B}$ = 2.56

Bulk specific gravity SSD basic $\frac{A}{A - B}$ = 2.62

% Water absorption $\frac{A - C}{C} 100 \% =$ 2.17 %

Catatan

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

SPECIFIC GRAVITY PLASTIK PET

ASTM C - 127 - 01

Nomor contoh : 03 Sumber contoh : -
Diterima Tgl : - Macam Contoh : Plastik PET

Flask No :

A. Berat contoh SSD diudara = 500.0 gram

B. Berat contoh SSD dalam air = 101.7 gram

Bulk specific gravity SSD basic $\frac{A}{A - B} = 1.26$

Catatan

Gowa, 29 Mei 2019

a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PEMERIKSAAN KADAR AIR
ASTM C - 556

Nomor contoh	01	Sumber contoh	: Bili-bili
Diterima Tgl	: 25 Mei 2019	Macam Contoh	: Pasir alam
I.	A. Berat Talam	=	104.0 gram
	B. Talam + Sampel	=	958.0 gram
	C. Berat Sampel Kond. Lapangan	(A - B)	= 854.0 gram
	D. Berat Sampel kering oven	=	818.0 gram
	Kadar Air	$\frac{C - D}{C}$ x 100 %	= 4.40 %
II.	A. Berat Talam	=	106.0 gram
	B. Talam + Sampel	=	994.0 gram
	C. Berat Sampel Kond. Lapangan	(A - B)	= 888.0 gram
	D. Berat Sampel kering oven	=	852.0 gram
	Kadar air	$\frac{C - D}{C}$ x 100 %	= 4.23 %
	Kadar air rata - rata, %	$\frac{I + II}{2}$	= 4.31

Catatan :

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PEMERIKSAAN KADAR AIR
ASTM C - 556

Nomor contoh : 02
Diterima Tgl : 25 Mei 2019
Sumber contoh : Bili-bili
Macam Contoh : Batu Pecah 2-3

I. A. Berat Talam	=	126.0	gram
B. Talam + Sampel	=	1868.0	gram
C. Berat Sampel Kond. Lapangan	(A - B)	=	1742.0 gram
D. Berat Sampel kering oven	=	1718.0	gram

$$\text{Kadar Air} \quad \frac{C - D}{C} \times 100 \% = 1.40 \%$$

II. A. Berat Talam		122.0	gram
B. Talam + Sampel		1780.0	gram
C. Berat Sampel Kond. Lapangan	(A - B)	1658.0	gram
D. Berat Sampel kering oven		1642.0	gram

$$\text{Kadar air} \quad \frac{C - D}{C} \times 100 \% = 0.97 \%$$

$$\text{Kadar air rata - rata} \quad \frac{I + II}{2} = 1.19 \%$$

Catatan

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT
ASTM C - 29

Nomor contoh : 02
Diterima Tgl : 25 Mei 2019

Sumber contoh : Bili-bili
Macam Contoh : Batu Pecah 2-3

URAIAN PEKERJAAN		Padat	Satuan	Lepas	Satuan
I.	A. Volume bohler	6.15	ltr	6.15	ltr
	B. Berat bohler	3.66	kg	3.66	kg
	C. Berat bohler + benda uji	12.51	kg	11.59	kg
	D. Berat benda uji (C - B)	8.85	kg	7.93	kg
	Berat volume = $\frac{D}{A}$	1.44	kg/ltr	1.29	kg/ltr
II.	A. Volume bohler		ltr		ltr
	B. Berat bohler		kg		kg
	C. Berat bohler + benda uji		kg		kg
	D. Berat benda uji (C - B)		kg		kg
	Berat volume = $\frac{D}{A}$		kg/ltr		kg/ltr
	Berat volume rata - rata = $\frac{I + II}{2}$	1.44	kg/ltr	1.29	kg/ltr

Catatan

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK
ASTM C 40 - 99

Nomor contoh : 01 Sumber contoh : Bili-bili
Diterima Tgl : 25 Mei 2019 Macam Contoh : Pasir alam

Maksud

Untuk mengetahui kadar organik yang terkandung dalam pasir yang akan digunakan sebagai campuran beton.

Hasil pengamatan warna cairan NaOH 3% setelah didiamkan 24 jam dan dibandingkan dengan warna standar adalah : No. 2 (Dapat digunakan untuk campuran beton)

Catatan : Tidak terdapat kadar organik dalam batuan yang dites

Gowa, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan
Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT
DENGAN MESIN LOS ANGELES
ASTM C - 131 - 03

Contoh : 02

Sumber contoh : Bili-bi
 : Batu P

Tgl : 25 Mei 2019

Macam Contoh 3

Gradasi Saringan		I		II	
Lewat mm	Tertahan	Berat sebelum (a) gram	Berat sesudah (b) gram	Berat sebelum (c) gram	Berat sesudah (d) gram
		37.5	25.4		3820
25.4	19.0				
19.0	12.5	2500	2500		
12.5	9.5	2500	2500		
Jumlah berat		5000		5000	
Jumlah bola baja		11		11	
Jumlah putaran bejana Los Angeles =				500	Kali
Berat tertahan saringan No.12			3820		3810

Keausan I $\frac{a - b}{a} \times 100 \% = 23.6 \%$

Keausan II $\frac{c + d}{d} \times 100 \% = 23.8 \%$

Keausan rata - rata $\frac{I + II}{2} = 23.70 \%$

Catatan :

Gowa, 29 Mei 2019
 a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
LABORATORIUM STRUKTUR BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

KOMPOSISI CAMPURAN BETON

Nomor contoh : Sumber contoh : Bili-bili
Diterima Tgl : - Macam Contoh : MIX DESIGN fas 40%

No.	BAHAN BETON	BERAT			
		0% PET	10% PET	15% PET	20% PET
		kg / m ³	kg / m ³	kg / m ³	kg / m ³
1	Air	185.00	185.00	185.00	185.00
2	Semen	462.50	462.50	462.50	462.50
3	Pasir	613.49	613.49	613.49	613.49
4	B. Pecah 2 - 3	1021.63	919.47	868.39	817.31
5	Dramix 3D 80/60	2.31	2.31	2.31	2.31
6	Plastik HDPE	0.00	46.38	69.57	92.75
7	Plastocrete	2.31	2.31	2.31	2.31

Makassar, 29 Mei 2019
a.n. Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST. MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER
SNI 1974-2011

Variasi : 0% PET
 FAS : 40%
 Dimensi : silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kglm ³)	Luas Penampanga (mm ²)	Beban (KN)	Faktor Konversi Korelasi	Kuat Tekan Langsung	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 hari (N/mm ²)		
	Cor	Uji										
1	20-Jun-19	27-Jun-19	7	2268.91	7853.98	152.65	1.040	18.689	0.70	26.698		
2				2270.19		146.14		17.892		25.560		
3				2265.09		153.16		18.751		26.787		
4		4-Jul-19	14	2323.66		183.67		22.486	1.040	22.486	0.88	25.552
5				2323.66		216.01		26.446		30.052		
6				2330.03		133.33		16.323		18.549		
7		18-Jul-19	28	2296.92		300.02		36.730	1.040	36.730	1.00	36.730
8				2290.56		255.47		31.276		31.276		
9				2291.83		263.20		32.223		32.223		
Kuat tekan rata-rata, fcm'										28.159		

fcm' = 28.16 N/mm² 276.24 kglm²

Deviasi standar $\sqrt{\frac{\sum (f_c' - f_{cm}')^2}{n-1}}$ = 47.75 kglm²

f_c' = f_{cm}' - (1,32 x Sd) = **213.21** kglm²

⇒ K = f_{ck} = f_c' / 0,83 = **256.88** kglm²

f_c' = mutu beton
 K = Kuat tekan beton karakteristik
 Slump test = 12,2 cm

Gowa, September 2019
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.



PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER
SNI 1974-2011

Variasi : 10% PET
 FAS : 40%
 Dimensi : silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kg/m ³)	Luas Penampangan (mm ²)	Beban (KN)	Faktor Konversi Korelasi	Kuat Tekan Langsung	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 hari (N/mm ²)
	Cor	Uji								
1	25-Jun-19	2-Jul-19	7	2231.35	7853.98	78.51	1.040	9.612	0.70	13.731
2				2196.34		76.89		9.413		13.447
3				2218.62		78.31		9.587		13.696
4		9-Jul-19	14	2258.73		94.99		11.629	0.88	13.215
5				2221.80		115.53		14.144		16.073
6				2238.36		104.55		12.799		14.545
7		23-Jul-19	28	2237.08		115.94		14.194	1.00	14.194
8				2207.80		100.07		12.252		12.252
9				2252.36		106.58		13.048		13.048
Kuat tekan rata-rata, f_{cm}'										13.800

$$f_{cm}' = 13.80 \quad N/mm^2 = 135.38 \quad kg/cm^2$$

$$\text{Deviasi standar} = \sqrt{\frac{\sum (f_c' - f_{cm}')^2}{n-1}} = 9.98 \quad kg/cm^2$$

$$f_c' = f_{cm}' - (1,32 \times S_d) = 122.20 \quad kg/cm^2$$

$$\rightarrow K = f_{ck} = f_c' / 0,83 = 147.23 \quad kg/cm^2$$

f_c' = mutu beton

K = Kuat tekan beton karakteristik

Slump test = 3 cm

Gowa, September 2019
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER
 SNI 1974-2011

Variasi : 15% PET
 FAS : 40%
 Dimensi : silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kg/m ³)	Luas Penampang (mm ²)	Beban (KN)	Faktor Konversi Korelasi Silinder (L/D=2)	Kuat Tekan Langsung (N/mm ²)	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 hari (N/mm ²)
	Cor	Uji								
1	26-Jun-19	3-Jul-19	7	1957.61	7853.98	61.83	1.040	7.570	0.70	10.814
2				1953.79		60.92		7.458		10.654
3				1952.51		62.65		7.670		10.957
4		10-Jul-19	14	1983.07		72.41		8.865	10.074	
5				1963.97		65.82		8.058	9.157	
6				1964.61		69.05		8.454	9.607	
7		24-Jul-19	28	1976.70		94.58		11.579	11.579	
8				1972.88		92.75		11.355	11.355	
9				2028.91		104.75		12.824	12.824	
Kuat tekan rata-rata, fcm'										10.780

fcm' = 10.78 N/mm² = 105.75 kg/cm²

Deviasi standar = $\sqrt{\frac{\sum (f_i' - f_{cm}')^2}{n-1}}$ = 10.19 kg/cm²

fc' = fcm' - (1,32 x Sd) = 92.31 kg/cm²

⇒ K = fck = fc' / 0,83 = 111.21 kg/cm²

fc' = mutu beton

K = Kuat tekan beton karakteristik

Slump test = 9 cm

Gowa, September 2019
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER
SNI 1974-2011

Variasi : 20% PET
 FAS : 40%
 Dimensi : silinder diameter 100 mm tinggi 200 mm

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kg/m ³)	Luas Penampang (mm ²)	Beban (KN)	Faktor Konversi Korelasi Silinder (L/D=2)	Kuat Tekan Langsung (N/mm ²)	Faktor Umur	Kuat Tekan 28 hari (N/mm ²)
	Cor	Uji								
1	9-Jul-19	16-Jul-19	7	2144.14	7853.98	53.49	1.040	6.549	0.70	9.356
2				2170.87		58.17		7.122		10.174
3				2193.79		41.29		5.055		7.221
4		23-Jul-19	14	2144.14		60.20		7.370	0.88	8.375
5				2177.24		59.37		7.268		8.260
6				2193.79		77.26		9.459		10.749
7		6-Aug-19	28	2107.21		75.66		9.263	1.00	9.263
8				2180.42		79.53		9.737		9.737
9				2119.94		72.41		8.865		8.865
Kuat tekan rata-rata, fcm'										9.111

fcm' = 9.11 N/mm² = 89.38 kg/cm²

Deviasi standar = $\sqrt{\frac{\sum (f_c' - f_{cm})^2}{n-1}}$ = 9.91 kg/cm²

f_c' = fcm' - (1,32 x Sd) = 76.30 kg/cm²

⇒ K = fck = f_c' / 0,83 = 91.93 kg/cm²

f_c' = mutu beton

K = Kuat tekan beton karakteristik

Slump test = 8 cm

Gowa, September 2019
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PENGUJIAN TARIK BELAH SILINDER

SNI 03-2491-2002

FAS : 40%

Variasi	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kg/m ³)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban (KN)	Kuat Tarik Belah 28 hari (N/mm ²)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (N/mm ²)
	Cor	Uji							
0% PET	25-Jun-19	18-Jul-19	28	2270.19	100.00	200.00	91.12	2.901	3.213
				2282.92			105.65	3.363	
				2274.01			106.09	3.377	
10% PET	25-Jun-19	23-Jul-19	28	2235.81	100.00	200.00	61.33	1.952	1.848
				2207.80			54.31	1.729	
				2252.36			58.58	1.865	
15% PET	26-Jun-19	24-Jul-19	28	1957.61	100.00	200.00	55.32	1.761	1.722
				1954.42			52.88	1.683	
				1954.42			54.10	1.722	
20% PET	9-Jul-19	6-Aug-19	28	2081.75	100.00	200.00	53.49	1.703	1.653
				2164.51			51.26	1.632	
				2091.30			51.05	1.625	

Gowa, September 2019
 Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.



LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

PENGUJIAN KUAT LENTUR BALOK
SNI 4431:2011

FAS : 40%

Variasi	Tanggal		Umur (hari)	Berat Isi (Kg/m ³)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Jarak antar Perletakan (mm)	Beban (KN)	Kuat Lentur 28 hari (N/mm ²)	Kuat Lentur Rata-rata (N/mm ²)
	Cor	Uji									
0% PET	20-Jun-19	18-Jul-19	28	2325.00	100.00	100.00	400.00	300.00	10.88	3.265	3.065
	2330.00			9.80					2.941		
	2302.00			9.97					2.990		
10% PET	25-Jun-19	23-Jul-19	28	2295.50	100.00	100.00	400.00	300.00	11.63	3.490	3.248
	2342.00			10.88					3.265		
	2293.50			9.97					2.990		
15% PET	26-Jun-19	24-Jul-19	28	2023.75	100.00	100.00	400.00	300.00	6.75	2.026	2.353
	2026.25			7.83					2.349		
	2132.50			8.95					2.685		
20% PET	9-Jul-19	6-Aug-19	28	2137.50	100.00	100.00	400.00	300.00	8.95	2.685	2.642
	2115.00			9.46					2.837		
	2068.75			8.01					2.404		

Gowa, September 2019

Kepala Lab. Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Ir. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.

Tabel . Perhitungan Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas

ASTM C 469-02

Variasi	ϵ_1	S ₁ (N/mm ²)	ϵ_2	S ₂ (N/mm ²)	f'c (N/mm ²)	Wc (Kg/m ³)	E _C Aktual (N/mm ²)	E _C teori 1 (N/mm ²)	E _C teori 2 (N/mm ²)
								$Wc^{1.5} \times 0,043\sqrt{f'c}$	$4700\sqrt{f'c}$
0% PET	0.00005	0.4852	0.0011	14.88392	21.73	2296.9	13091.0074	22067.77	21911.28459
		0.614	0.0006	13.02219		2290.6	24120.7254	21976.09	
		1.9308	0.001	13.40837		2291.8	11478.2989	21994.41	
Rata-rata							16230.01	22012.76	
10% PET	0.00005	0.0373	7E-05	0.3907	12.46	2237.1	23563.447	16058.09	16588.24309
		0.4384	0.0005	10.383		2207.8	23676.7457	15743.81	
		1.0204	0.0004	11.021		2252.4	27794.0377	16222.88	
Rata-rata							25011.4101	16008.26	
15% PET	0.00005	0.2901	0.0006	4.8286	9.41	1976.7	8520.69832	11592.11	14417.1516
		0.0299	0.0005	4.7213		1972.9	10246.4831	11558.53	
		0.3207	0.0006	5.1746		2028.9	9174.65201	12054.34	
Rata-rata							9313.94449	11734.99	
20% PET	0.00005	0.2417	0.0011	3.8465	7.78	2107.2	3292.04499	11599.95	13107.60518
		0.0149	0.0011	4.0384		2180.4	3687.831	12209.70	
		0.0822	0.0002	3.6679		2119.9	23133.6567	11705.24	
Rata-rata							10037.8441	11838.30	