

KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON DENGAN
AGREGAT KASAR LIMBAH PLASTIK JENIS *LOW-DENSITY*
POLYETHYLENE (LDPE)



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konstruksi Gedung
Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Ujung Pandang

FAJAR PERDAMAIAN

311 18 034

NURJASMIN ROSALIANA

311 18 045

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG
JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE)” oleh Fajar Perdamaian NIM 311 18 034 dan Nurjasmin Rosaliana NIM 311 18 045 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma III pada Jurusan Teknik Sipil Program Studi Konstruksi Gedung Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 13 September 2021

Pembimbing I



Nur Aisyah Jalali, S.ST. M.Eng
NIP. 19690314 200312 2 001

Pembimbing II



Ashari Ibrahim, S.S.T., M.T.
NIP. 19700814 200312 1 001

Mengetahui,
a.n. Direktur

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Ujung Pandang



Dr. Andi Muh. Subhan, S.T., M.T.
NIP. 19670530 199703 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 13 September 2021, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang oleh mahasiswa Fajar Perdana NIM 311 18 034 dan Nurjasmin Rosaliana NIM 311 18 045 dengan judul "Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE)"

Makassar, 13 September 2021

Tim Penguji Sidang Tugas Akhir :

1. Ir. Yohanis Sarungallo, S.T., M.T.

Ketua

2. Ramlan S, S.T., M.T.

Sekretaris

3. Abdul Fattah, S.T., M.T.

Anggota

4. Syamsul Bahri A., S.T., M.T.

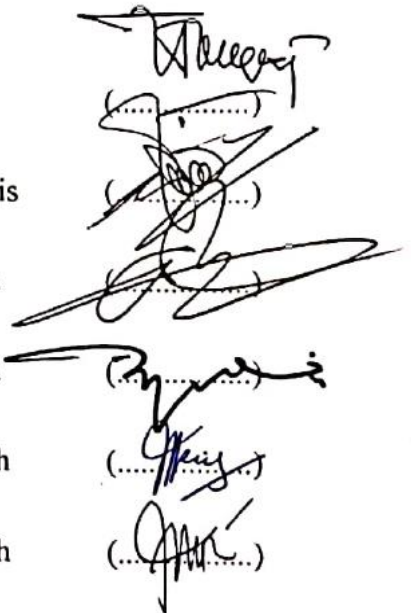
Anggota

5. Nur Aisyah Jalali, S.ST., M.Eng.

Pengarah

6. Ashari Ibrahim, S.ST., M.T.

Pengarah



KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir “Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE)” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan laporan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan studi pada jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penulisan tugas akhir ini, tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan dari berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga kami yang senantiasa mendoakan kemudahan dan kesehatan untuk kami, serta memberikan nasehat penyemangat untuk kami.
2. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D.
3. Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Bapak Dr. Andi Muhammad Subhan, S.T., M.T.
4. Ketua Program Studi D3 Teknik Konstruksi Sipil, Bapak Abdullah Latip, S.T., M.T.
5. Ibu Nur Aisyah Jalali, S.S.T., M.Eng. sebagai pengarah I, dan Bapak Ashari Ibrahim, S.ST., M.T. sebagai pengarah II, yang telah mencurahkan

perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Teman-teman khususnya kelas 3B Teknik Konstruksi Gedung 2018 yang selalu ada dan mendukung serta membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini dan demi perbaikan dimasa mendatang.

Makassar, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
SURAT PERNYATAAN.....	xi
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Beton.....	4
2.2 Material Penyusun Beton	4
2.3 Limbah Plastik.....	7
2.4 Perancangan Campuran Beton dan Konversi Satuan	10
2.5 Kuat Tekan Beton	10
2.6 Kuat Lentur Beton	11
2.7 Penelitian Sebelumnya	13
BAB III METODE PENELITIAN	

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat	27
4.2 Rencana Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	28
4.3 Pengujian Nilai Slump	32
4.4 Pengujian Berat Volume Beton Segar	33
4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton	34
4.6 Pengujian Kuat Lentur Beton	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi limit semen Portland	5
Tabel 2.2. Batas gradasi agregat halus	5
Tabel 2.3. Gradasi agregat kasar	6
Tabel 2.4. Perkiraan persentase limbah di Indonesia tahun 1981-2002.....	8
Tabel 2.5. Komposisi sampah plastik di Surabaya dan Jakarta	9
Tabel 2.6. Jenis beton berdasarkan kuat tekannya	10
Tabel 3.1 Jumlah benda uji	23
Tabel 4.1 Hasil pengujian karakteristik agregat.....	27
Tabel 4.2 Hasil <i>Mix Design</i>	28
Tabel 4.3 Kebutuhan bahan beton normal	29
Tabel 4.4 Kebutuhan bahan mula-mula untuk beton plastik (satuan berat).....	29
Tabel 4.5 Kebutuhan bahan mula-mula untuk 1 adukan beton plastik (satuan volume)	30
Tabel 4.6 Kebutuhan bahan untuk beton plastik LDPE (satuan berat)	32
Tabel 4.7 Kebutuhan bahan untuk beton normal dan beton plastik.....	32
Tabel 4.8 Hasil uji slump, berat beton segar, dan berat volume beton segar....	33
Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat tekan beton	35
Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat lentur rata-rata beton.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sampah plastik LDPE di Pampang, Kecamatan Panakukang.....	1
Gambar 2.1 Grafik gradasi split ukuran maksimum 20 mm.....	6
Gambar 2.2 Grafik gradasi split ukuran maksimum 40 mm.....	7
Gambar 2.3 Benda uji tekan silinder.....	11
Gambar 2.4 Benda uji, perletakan dan pembebanan pada pengujian kuat lentur beton.....	11
Gambar 2.5 Garis-garis perletakan dan pembebanan pada pengujian kuat lentur beton.....	12
Gambar 2.6 Daerah patah benda uji pada pengujian kuat lentur	12
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2. Diagram alir pengolahan limbah plastik menjadi <i>pellet</i>	18
Gambar 3.3. Proses pelelehan	19
Gambar 3.4. Proses pemotongan.....	19
Gambar 3.5. <i>Pellet</i> plastik.....	20
Gambar 3.6. Proses pencampuran agregat	23
Gambar 3.7. <i>Slump test</i>	24
Gambar 3.8. Proses pencetakan benda uji.....	25
Gambar 4.1 Hubungan antara kadar <i>pellet</i> denga berat volume beton segar....	34
Gambar 4.2 Hubungan kadar <i>pellet</i> dengan kuat tekan beton	35
Gambar 4.3 Hubungan kadar <i>pellet</i> dengan kuat lentur beton.....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	42
Lampiran II Perancangan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	62
Lampiran III Nilai Slump dan Berat Volume Beton Segar.....	76
Lampiran IV Kuat Tekan Beton.....	80
Lampiran V Kuat Lentur Beton	84
Lampiran VI Dokumentasi.....	87



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap	: Fajar Perdamaian
NIM	: 31118034
Program Studi	: D3 Teknik Konstruksi Gedung
Tempat / Tgl. Lahir	: Seriti/17 Mei 2000
Alamat	: NTI Blok G No. 23

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir / Skripsi yang berjudul :

"Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Menggunakan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis Low-Density Polyethylene (LDPE)"

Adalah benar disusun / dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti- bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir / Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir / Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggungjawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, September 2021

Hormat Saya,



Fajar Perdamaian

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Nurjasmin Rosaliana
NIM : 31118045
Program Studi : D3 Teknik Konstruksi Gedung
Tempat / Tgl. Lahir : Lalliseng/15 Oktober 1999
Alamat : Jl. Sahabat V

Dengan ini menyatakan :

B. Tugas Akhir / Skripsi yang berjudul :

"Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Menggunakan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis Low-Density Polyethylene (LDPE)"

Adalah benar disusun / dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti- bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir / Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir / Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggungjawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, September 2021

Hormat Saya,



Nurjasmin Rosaliana



KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON DENGAN AGREGAT KASAR LIMBAH PLASTIK JENIS *LOW-DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)*

Oleh:

Fajar Perdamaian dan Nurjasmin Rosaliana
Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

RINGKASAN

Sehubungan dengan peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap infrastruktur yang semakin maju dan permasalahan lingkungan hidup dikalangan masyarakat terkait dengan sampah plastik yang terus meningkat jumlahnya namun sulit untuk terurai. Maka dilakukan penelitian ini untuk memanfaatkan dan mengurangi limbah plastik jenis LDPE (*Low-Density Polyethylene*) seperti kantong kresek, pembungkus makanan ataupun pembungkus perabot rumah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *pellet* plastik jenis LDPE sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton dengan proporsi 20%, 40%, dan 60% terhadap volume agregat kasar. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, mulai dari April hingga Agustus 2021. Prosedur penelitian dilakukan dari persiapan material, pemeriksaan/ pengujian material, perancangan campuran adukan beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, hingga pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton.

Pada penelitian ini, didapatkan hasil kuat tekan yaitu 16,49 MPa (0%), 10,97 MPa (20%), 10,07 MPa (40%), dan 7,97 MPa (60%) dan kuat lentur yaitu 9,41 MPa (0%), 2,50 MPa (20%), 2,36 MPa (40%), dan 1,99 MPa (60%). Sehingga dapat dikatakan bahwa kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan setiap penambahan kadar *pellet* plastik. Ini berbanding terbalik dengan volume beton karena semakin tinggi kadar *pellet* dalam campuran beton maka berat volume beton semakin rendah.

Kata kunci: beton, kuat tekan, kuat lentur, plastik jenis LDPE (*Low-Density Polyethylene*)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan di bidang konstruksi pada era ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap infrastruktur yang semakin maju dan ramah lingkungan. Sehingga perlu adanya inovasi pada bidang teknologi, diantaranya adalah material bangunan.

Sementara di sisi lain, limbah plastik menjadi penyumbang sampah terbesar di dunia dan menjadi permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi masyarakat saat ini. Limbah plastik yang jumlahnya semakin meningkat dan sulit untuk diurai dapat mencemari air, udara dan tanah jika tidak dikelola dengan serius. Berikut contoh gambar yang diambil di salah satu pengepul Mall Sampah di daerah Pampang, Kecamatan Panakukang.



Gambar 1.1 Sampah plastik LDPE di Pampang, Kecamatan Panakukang

Dari beberapa jenis plastik, *Polyethylene (Low Density dan High Density)* dan *PET (Polyethylene Terephthalate)* merupakan jenis plastik yang paling banyak dibuang ke lingkungan dalam bentuk kantong plastik dan botol plastik (Putra dkk., 2018). Namun kurangnya kesadaran masyarakat terkait pengolahan limbah tersebut masih kurang, padahal plastik tersebut dapat didaur ulang jika dibersihkan dan dimanfaatkan sebaik mungkin.

Sehubungan dengan itu, terdapat material bangunan yang berpotensi dapat diproduksi dengan memanfaatkan bahan plastik, yaitu beton. Beton merupakan salah satu komponen utama suatu struktur bangunan, yang terdiri dari campuran agregat halus dan kasar, air, semen dan bahan tambah yang disatukan dalam

perbandingan tertentu (Samekto, 2001). Beberapa bahan baku dan sumber alam untuk material beton yang digunakan secara pesat saat ini memiliki jumlah yang terbatas dan sulit untuk didapatkan. Untuk itu perlu adanya alternatif material yang mudah di dapat, ekonomis dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut penulis ingin melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebagai material pengganti sebagian agregat kasar pada beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap kuat tekan beton sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 0%, 20%, 40%, dan 60% terhadap volume beton?
- 2) Bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap kuat lentur beton sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 0%, 20%, 40%, dan 60% terhadap volume beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan proposal tugas akhir ini diberikan ruang lingkup kegiatan agar pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun ruang lingkup kegiatan adalah sebagai berikut:

- 1) Sampel beton yang digunakan adalah beton dengan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 0%, 20%, 40%, dan 60% terhadap volume beton.
- 2) Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 20 MPa.
- 3) Ukuran maksimal agregat kasar *pellet* sebesar 20 mm.
- 4) Pengujian beton dilakukan pada umur 28 hari.
- 5) Metode pembuatan beton dilakukan sesuai dengan Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) (Balitbang Kimpraswil, 2003).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui kuat tekan beton dengan pemanfaatan limbah plastik jenis (LDPE) sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 0%, 20%, 40%, dan 60% terhadap *Low-Density Polyethylene* volume beton.
- 2) Mengetahui kuat lentur beton dengan pemanfaatan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 0%, 20%, 40%, dan 60% terhadap volume beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Memberikan informasi tentang kuat tekan dan kuat lentur beton jika menggunakan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebagai material pengganti sebagian agregat kasar pada beton.
- 2) Dapat memberikan informasi terkait pengaruh penambahan *pellet* plastik dalam beton.
- 3) Memanfaatkan limbah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) untuk dijadikan beton yang dapat digunakan.
- 4) Dapat dijadikan referensi mengenai persentase limbah plastik sebagai pengganti agregat kasar yang dapat digunakan dalam beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Beton

Dalam bidang teknik sipil maupun bidang konstruksi pembangunan, salah satu bahan konstruksi yang paling sering digunakan adalah beton. Menurut Mc Cormac (2004), beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Dan menurut Asroni (2010), secara sederhana beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang-kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton.

Berdasarkan pernyataan-pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa pengertian beton adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, air, agregat halus seperti pasir, dan agregat kasar seperti kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai dengan keinginan. Beberapa proses tertentu diperlukan untuk dapat menghasilkan beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dipadatkan dan tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan sehingga pada saat beton telah kering dapat menjadi beton yang baik.

2.2 Material Penyusun Beton

Berdasarkan SNI T-15-1990-03, material dasar pembentuk beton terdiri atas semen, agregat, air dan bahan tambah bila diperlukan. Dapat diketahui bahwa material-material tersebut memiliki sifat yang berbeda namun sama-sama memiliki fungsi dan peran yang sangat penting dalam membentuk beton yang baik.

1) Semen

Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan

air, sehingga membentuk material yang padat. Semen berbahan dasar batu kapur atau gamping yang diolah dengan dalam suhu tinggi. Secara umum, komposisi kimia semen Portland adalah seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi limit semen Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO (Kapur)	60-67
SiO ₂ (Silika)	17-25
Al ₂ O ₃ (Alumina)	3-8
Fe ₂ O ₃ (Besi)	0,5-6
MgO (Magnesia)	0,1-5,5
Alkalis	0,2-1,3
SO ₃ (Sulfur)	1-3

Sumber: Neville dan Brooks, 1987

2) Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang di pakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Kualitas agregat sendiri sangat menentukan kuat beton mengingat agregat menempati 70-75% dari total volume keseluruhan beton (Balitbang Kimpraswil, 2003).

a) Agregat halus

Agregat halus dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar yang batas gradasinya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Jenis agregat halus (%)			
	Daerah I (pasir kasar)	Daerah II (pasir agak kasar)	Daerah III (pasir agak halus)	Daerah IV (pasir halus)
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	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Mulyono, 2004

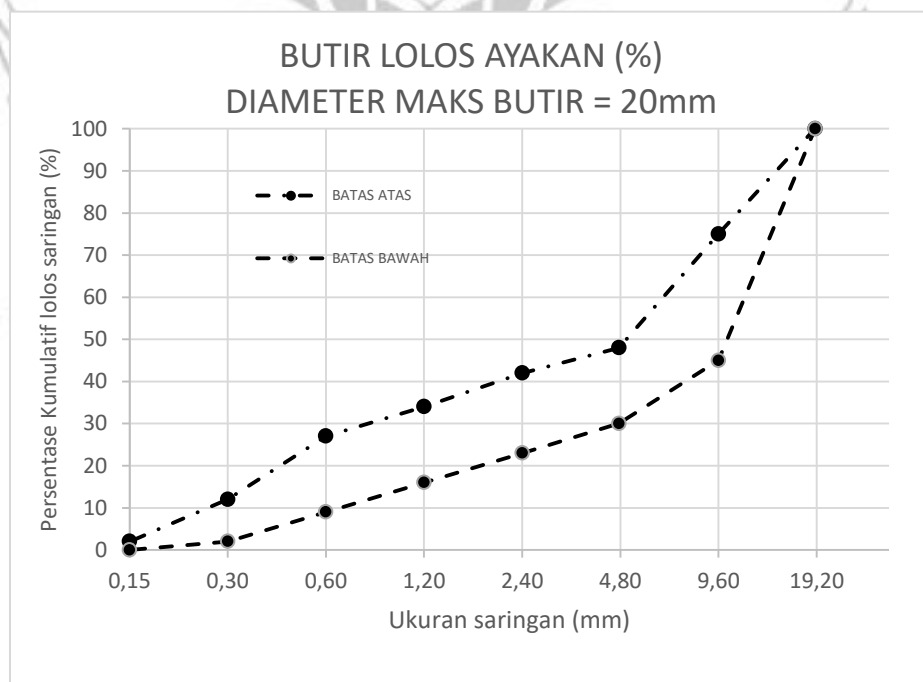
b. Agregat kasar

Agregat kasar atau yang biasa disebut dengan kerikil adalah bahan pengisi beton yang berukuran antara 5 mm sampai 40 mm. Dalam beton biasanya agregat kasar menempati kurang lebih 40% dari volumenya. Agregat kasar dibedakan atas 2 macam, yaitu kerikil (dari batuan alam) dan batu pecah. Adapun gradasi agregat kasar yang baik sebaiknya masuk dalam batas-batas yang tercantum pada Tabel 2.3.

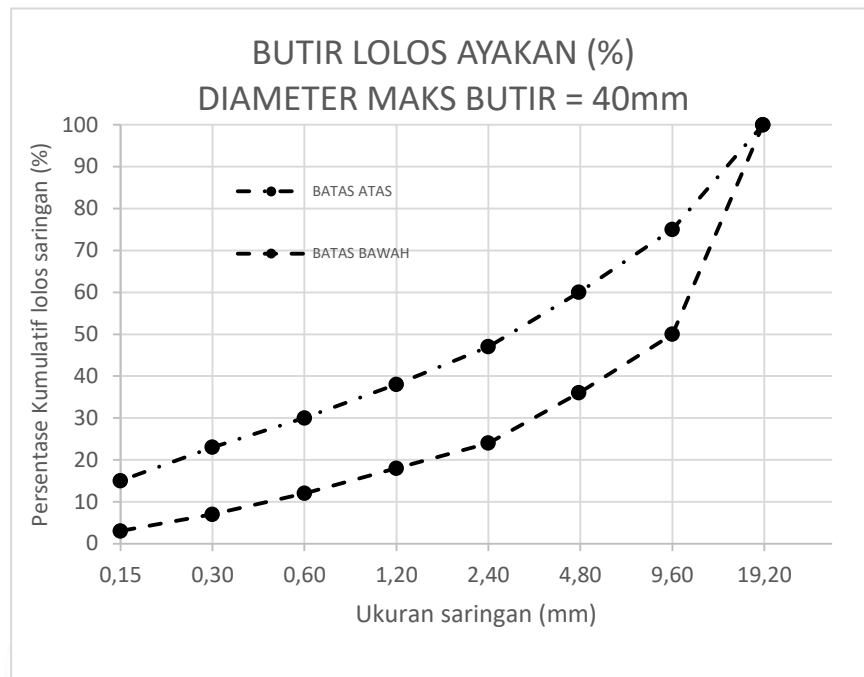
Tabel 2.3. Gradasi agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Maks 20		Maks 40	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas
38	100	100	100	100
19	100	100	50	75
9,6	45	75	36	60
4,8	30	48	24	47
2,4	23	42	18	38
1,2	16	34	12	30
0,6	9	27	7	23
0,3	2	12	3	15
0,15	0	2	0	5

Sumber: Mulyono, 2004



Gambar 2.1 Grafik gradasi split ukuran maksimum 20 mm



Gambar 2.2 Grafik gradasi split ukuran maksimum 40 mm

3) Air

Air yang dimaksud adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih, tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah sebagai berikut :

- Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak daripada beton.
- Apabila dipandang perlu maka contoh air dapat dibawa ke Laboratorium Penyelidikan Bahan untuk mendapatkan pengujian sebagaimana yang dipersyaratkan.
- Jumlah air yang digunakan adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

2.3 Limbah Plastik

Plastik merupakan bahan yang banyak digunakan di kehidupan sehari-hari. Hal tersebut terlihat dalam penggunaan plastik di semua jenis kebutuhan manusia. Berdasarkan data dari Deputi Bidang Analisa Sistem (1989) pada Tabel 2.4,

terlihat jika plastik merupakan komponen dengan perkiraan persentase yang terus mengalami peningkatan dari tahun 1981-2002.

Tabel 2.4. Perkiraan persentase limbah di Indonesia tahun 1981-2002

Komponen	Persentase limbah (%) pada tahun								
	1981	1985	1989	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Limbah organik	79,49	73,97	79,37	74,6	75,38	75,18	74,99	74,60	74,22
Limbah kertas	7,97	8,28	8,57	10,18	10,50	10,71	10,93	11,15	1,37
Limbah kayu	3,65	3,94	0,75	0,98	0,39	0,20	0,02	0,02	0,02
Limbah tekstil	2,4	3,05	0,79	1,57	1,20	1,13	1,06	1,00	0,93
Limbah karet	0,47	0,52	0,33	0,55	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33
Limbah plastik	3,67	5,64	6,51	7,86	8,11	8,30	8,50	8,69	8,88
Limbah logam	1,37	2,04	1,45	2,04	1,89	1,89	1,90	1,90	1,90
Limbah gelas	0,5	1,55	1,57	1,75	1,93	1,99	2,05	2,10	2,16
Limbah baterai	0,48	0,97	0,48	0,29	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Limbah lain-lain	-	-	0,16	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
J u m l a h	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Sumber: Deputi Bidang Analisa Sistem, 1989

Data perkiraan persentase limbah plastik di atas diperkuat dengan data kebutuhan plastik yang terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per-tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Sumartono, 2019).

Komposisi sampah plastik yang dihasilkan di kota besar seperti Jakarta dan Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Komposisi sampah plastik di Surabaya dan Jakarta

Komponen Plastik	Surabaya	Jakarta
LDPE	1,01	0,78
PP	2,64	2,03
HDPE	3,97	3,05
PVC Botol	0	-
PVC Film	0,15	0,12
PET	0,09	0,07
Styrofoam	0,08	0,07
Lain-lain	0,54	0,41

Sumber: Deputi Bidang Analisa Sistem, 1989

Berdasarkan data dari Tabel 2.5, plastik jenis LDPE menempati urutan ke tiga jenis plastik terbanyak yang ditemui dalam sampah perkotaan setelah HDPE (*High Density Polyethylene*) dan PP (*Polypropylene*).

Polietilena berdensitas rendah atau lebih banyak dikenal dengan *Low-Density Polyethylene* (LDPE) adalah termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. LDPE pertama kali diproduksi oleh *Imperial Chemical Industries* (ICI) pada tahun 1933 menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. LDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 4 pada simbol daur ulang. LDPE dicirikan dengan densitas antara 0,910-0,940 g/cm³ dan tidak reaktif pada temperatur kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut dapat menyebabkan kerusakan. LDPE dapat bertahan pada temperatur 90°C dalam waktu yang tidak terlalu lama (Wikipedia, 2017).

Plastik jenis LDPE dengan ciri-ciri halus dan fleksibel banyak digunakan dikehidupan sehari-hari seperti digunakan untuk kantong sampah, dan lembaran plastik hitam. Namun dalam pengolahannya setelah digunakan masih sangat kurang. Maka dari itu, perlu dilakukan daur ulang agar plastik ini dapat berguna tanpa merusak lingkungan.

2.4 Perancangan Campuran Beton dan Konversi Satuan

Perancangan campuran adukan beton didasarkan pada Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) (Balitbang Kimpraswil, 2003). Perhitungan kebutuhan bahan disesuaikan dengan dimensi

dan jumlah benda uji. Dari hasil rancangan campuran beton, jumlah kebutuhan agregat kasar batu pecah dalam satuan berat (kg) dikonversi ke dalam satuan volume (liter) menggunakan Persamaan (2.1), kemudian volume batu pecah tersebut digantikan oleh *pellet* plastik dengan dengan variasi kadar 0%, 20%, 40% dan 60% menggunakan Persamaan (2.2) sehingga diperoleh *pellet* plastik dalam satuan berat (kg).

$$\text{Volume batu pecah} = \text{berat batu pecah/berat satuan batu pecah} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Berat plastik} = (\% \text{ pellet} \times \text{volume batu pecah}) \times \text{berat satuan pellet} \dots\dots\dots(2.2)$$

2.5 Kuat Tekan Beton

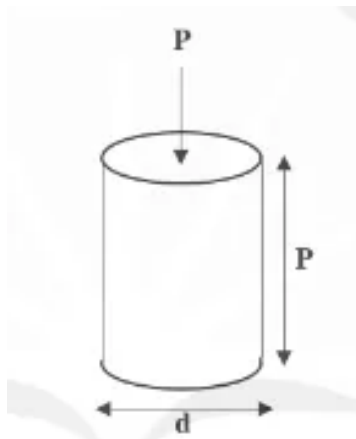
Uji kuat tekan digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik terhadap kekuatan beton. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Berdasarkan kuat tekannya, beton dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

Tabel 2.6. Jenis beton berdasarkan kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)	Tujuan Konstruksi
Beton sederhana	≤ 10	non-struktur
Beton normal (beton biasa)	15-30	struktur, bagian struktur penahan beban
Beton prategang	30-40	balok prategang, tiang pancang
Beton kuat tekan tinggi	40-80	struktur khusus
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80	struktur khusus

Sumber: Tjokrodimuljo, 2007

Kuat tekan beton adalah perbandingan antara beban dan luas penampang beton. Kuat tekan beton (f_c') dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3



Gambar 2.3 Benda uji tekan silinder

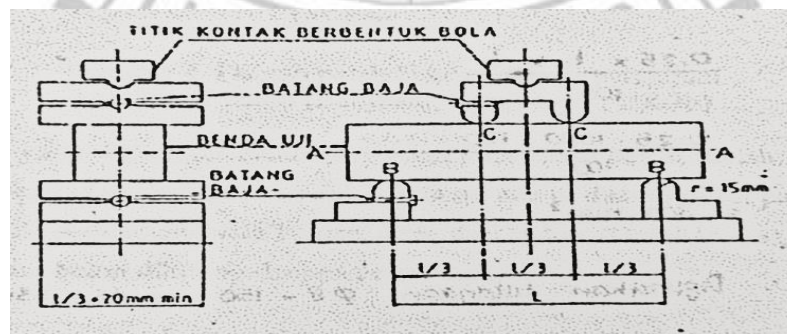
$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- f_c = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban tekan (N)
- A = luas penampang benda uji (mm^2)

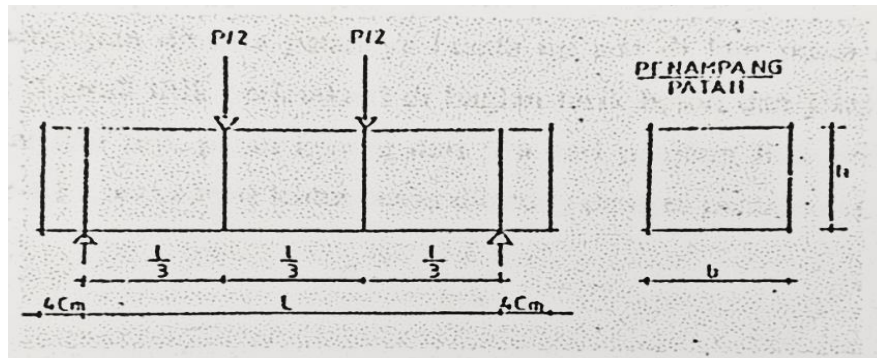
2.6 Kuat Lentur Beton

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). Kuat tekan lentur digunakan untuk keperluan perencanaan struktur. Berdasarkan SNI 03-4154 1996, kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok

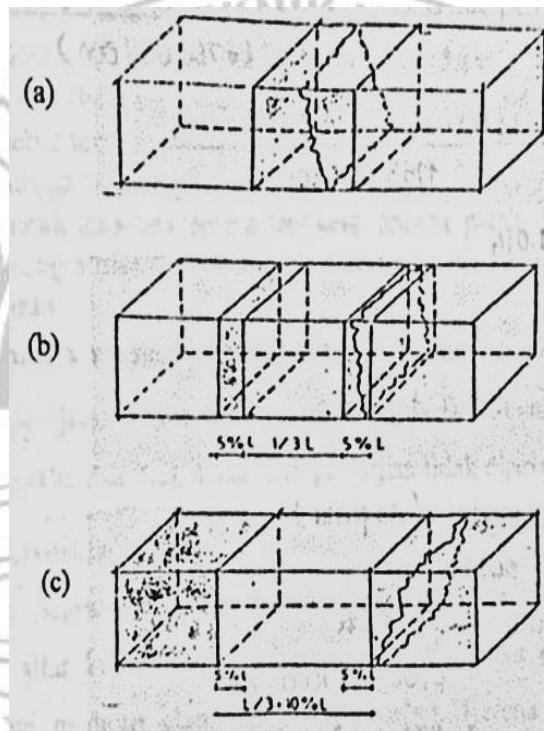


uji.

Gambar 2.4 Benda uji, perletakan dan pembebanan pada pengujian kuat lentur beton (Balitbang Kimpraswil, 2003)



Gambar 2.5 Garis-garis perletakan dan pembebanan pada pengujian kuat lentur beton (Balitbang Kimpraswil, 2003)



Gambar 2.6 Daerah patahan benda uji pada pengujian kuat lentur (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Persamaannya yaitu sebagai berikut:

- 1) Jika patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur dihitung dengan Persamaan 2.4:

$$\sigma_{ltr} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P \cdot L}{2 \cdot 3}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

- 2) Jika patahnya benda uji ada di luar pusat (di luar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton dan jarak antara titik pusat dan titik patah

kurang dari 5% dari Panjang titik perletakan, maka kuat lentur dihitung dengan Persamaan 2.5:

$$\sigma_{ltr} = \frac{3.P.a}{b.h^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

σ_{ltr} = tegangan lentur beton, MPa

M = momen, Nmm

W = momen tahanan, mm³

P = beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai tiga angka dibelakang koma), N

l = jarak (bentang) antara dua garis perletakan, mm

b = lebar tampang lintang patah, mm

h = tinggi tampang lintang patah, mm

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada empat tempat pada sisi tarik dari bentang, mm.

- 3) Jika benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, maka hasil pengujian tidak digunakan.

2.7 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya, diantaranya:

- 1) Berdasarkan hasil penelitian dari Ita Purnama Sari dan As Ary Arman Nur (2012) terkait pembuatan beton dengan menggunakan *pellet* plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET), disimpulkan bahwa nilai rata -rata uji tekan untuk masing-masing variasi yaitu BN (0%)= 42,41 MPa, BPI (20%)= 32,80 MPa, BPII (40%)= 31,10 MPa, dan BPIII (60%)= 27,49 MPa. Sedangkan nilai berat volumenya adalah BN (0%)= 2357 kg/m³, BPI (20%)=2250,79 kg/m³, BPII (40%)= 2164,39 kg/m³, dan BPIII (60%)= 2102,91 kg/m³. Melihat hasil nilai uji kuat tekan, variasi BPI (20%) dan BPII (40%) memenuhi kuat tekan beton yang direncanakan, yaitu 30 MPa. Sedangkan untuk BP (60%) cenderung mengarah ke beton non struktural karena tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan.

- 2) Penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan agregat kasar *pellet* plastik jenis *Polypropylene* oleh Nur Aisyah Jalali (2013) dapat diperoleh data hasil pengujian berat isi beton dengan kuat rencana 20 MPa, variasi sampel berupa beton dengan kadar *pellet* 60%, 80%, dan 100% berturut-turut yaitu 1967 kg/m³, 1778 kg/m³, dan 1676 kg/m³, sedangkan kuat tekan yang dihasilkan berturut-turut 9,6 MPa, 8,9 MPa, dan 7,2 MPa. Modulus elastisitas beton yang diperoleh berturut-turut 15464 MPa, 13255 MPa, dan 10120 MPa. Berdasarkan data-data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar *pellet* di dalam beton maka berat volume, kuat tekan dan modulus elastisitas akan semakin rendah.
- 3) Paper Sudarmono dkk. (2015) dengan judul Limbah Kantong Plastik Untuk Campuran Beton Solusi Rumah Murah mempresentasikan kajian penggunaan limbah kantong plastik sebagai tambahan agregat halus campuran 1 Pc: 2 Psr: 3 Split, serta pengganti agregat kasar campuran yang sama, variasi campuran plastik untuk penambahan agregat halus 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5% dan 7.5%. dan persentase penggantian agregat kasar plastik bentukan 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, 20%, 22.5%, 25%, 27.5%, 30%, dan 35%. Dari hasil pengujian penambahan plastik agregat halus (1,5-3,5%) meningkatkan kekuatan tarik kurang lebih 25% dibandingkan tanpa penambahan, sedangkan penambahan plastik yang sama mengurangi kekuatan tekan 20%. Pengujian penggantian plastik agregat kasar diperoleh kekuatan optimumnya (10-15%). Penggantian agregat kasar akan menyerap limbah plastik setiap m³ beton sebesar 20-25%, sehingga mampu mereduksi limbah kantong plastik di lingkungan.
- 4) Indrawijaya dkk. (2019) meneliti tentang pemanfaatan limbah plastik LDPE sebagai pengganti agregat untuk pembuatan paving blok beton. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi terbaik untuk memperoleh paving blok beton yang dibuat menggunakan komposit limbah plastik LDPE sebagai pengganti agregat beton. Paving blok beton dibuat dari campuran bahan dengan komposisi semen : pasir : agregat kasar = 1:1, 5:3. Kandungan limbah plastik sebagai agregat beton digunakan untuk menggantikan pasir dan jumlahnya divariasikan mulai dari 0, 10, 20, 30, 40 dan 50% dari kandungan

pasir. Sebagai parameter uji adalah uji densitas dan uji kuat tekan ditentukan setelah masa curing 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan uji kuat tekan yang terbaik pada penambahan 10% limbah plastik yaitu 23,81 MPa sesuai dengan standar mutu B SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa plastik (*pellet*) dalam kadar tertentu dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam beton. Selain itu, berdasarkan pengamatan kami di lingkungan sekitar, didapatkan bahwa plastik LDPE seperti kantong kresek, kantong *laundry*, pembungkus makanan atau pembungkus perabot rumah jarang dilakukan daur ulang. Maka dari itu, kami mengambil inisiatif untuk membuatnya menjadi *pellet* sebagai pengganti agregat kasar dalam beton.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang. Durasi penelitian ini selama 5 (lima) bulan, dari bulan April sampai Agustus 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah

1) Alat

Pada penelitian ini digunakan alat-alat yang berada di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, antara lain:

- a) Alat uji karakteristik agregat meliputi timbangan digital, saringan, piknometer, kerucut abrams, mesin abrasi los angeles, oven, keranjang kawat, gelas ukur sendok cetok, serta wadah penampung material.
- b) Alat pembuat benda uji meliputi timbangan, sekop, mesin pengaduk, alat uji *slump*, cetakan benda uji (balok 10 cm x 10 cm x 40 cm dan silinder Ø 10 cm x 20 cm), mesin penggetar, palu karet, dan bak perendaman.
- c) Alat pengujian benda uji meliputi alat peralatan kaping, timbangan, mesin uji tekan (*compressive test machine*), dan mesin uji lentur (*bending test machine*)
- d) Alat peleleh plastik meliputi, gunting, besi penusuk, mesin peleleh plastik.

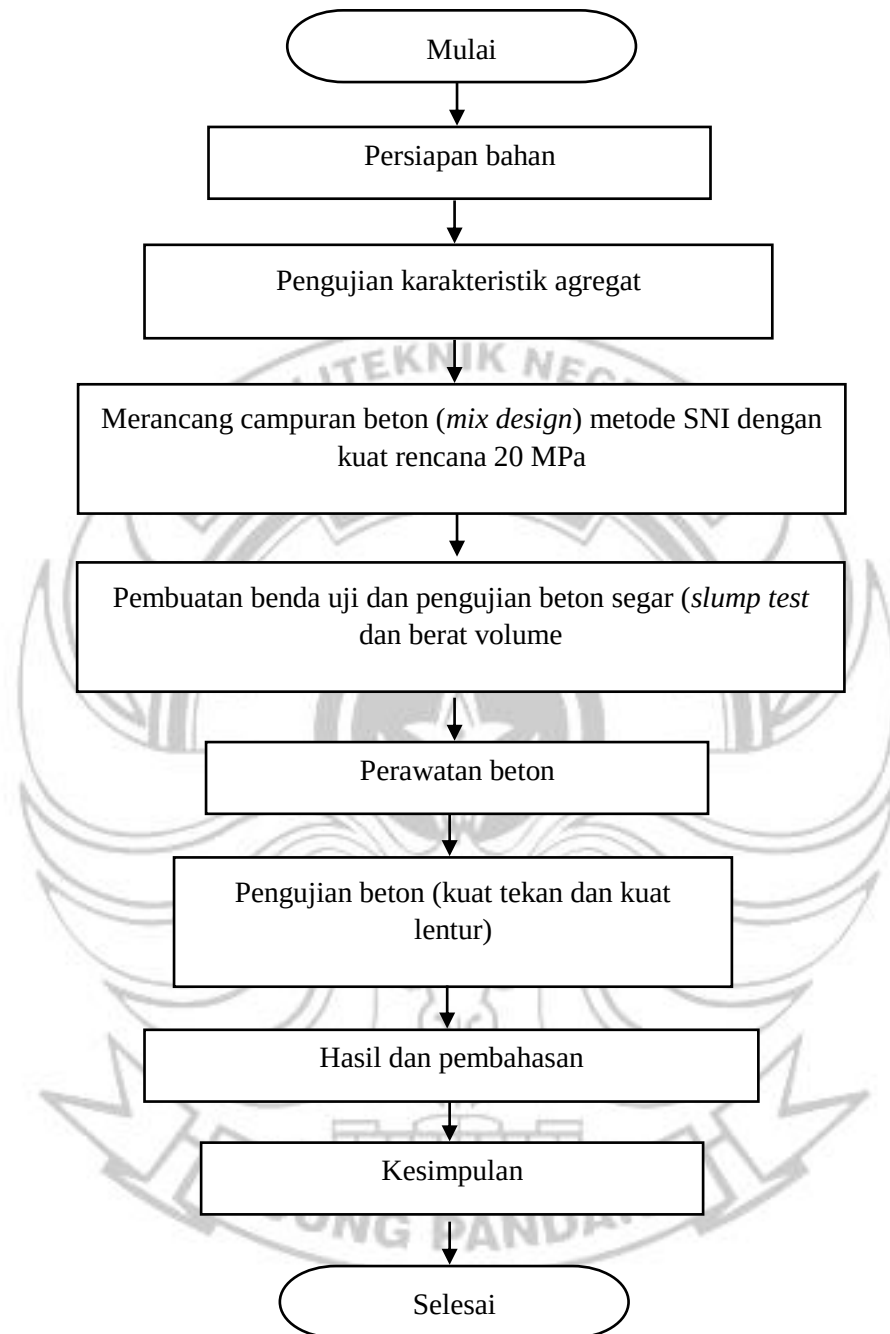
2) Bahan

Bahan yang adalah sebagai berikut :

- a) Semen *Portland composite cement* (PCC) merek Semen Tonasa.
- b) Agregat halus berupa pasir dari Bili-Bili Kabupaten Gowa.
- c) Agregat kasar berupa batu pecah dari Bili-Bili Kabupaten Gowa.
- d) Agregat tambah berupa limbah plastik LDPE dalam bentuk *pellet*.
- e) Air bersih bebas kandungan organik atau air PDAM.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



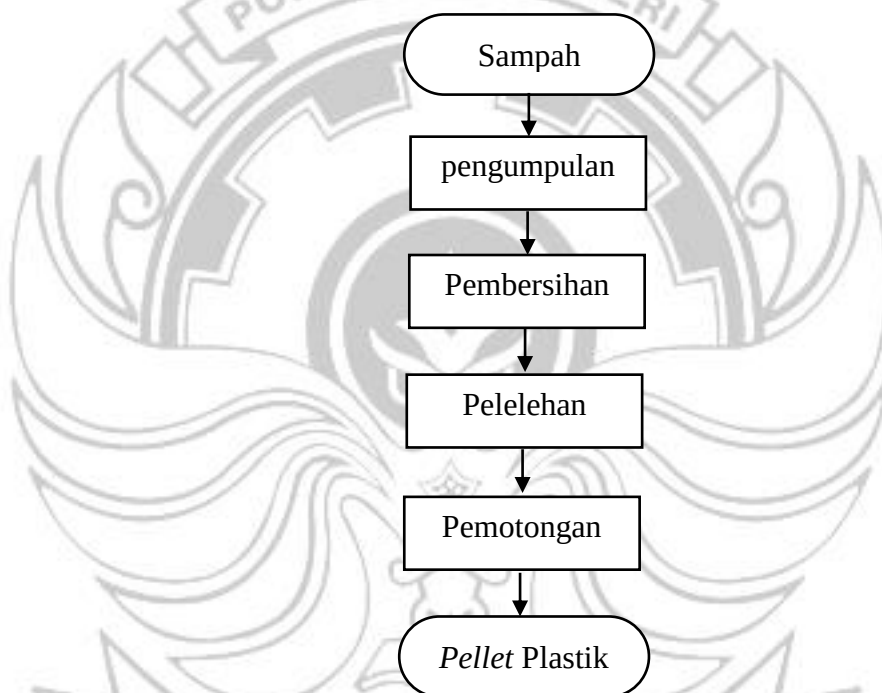
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Adapun untuk pelaksanaan penelitian berdasarkan Gambar 3.1 diuraikan sebagai berikut

- 1) Persiapan material

Persiapan dilakukan untuk semua material yang akan digunakan dalam campuran beton, meliputi semen, air, pasir, batu pecah dan sampah plastik yang akan diolah menjadi *pellet*. Material-material yang akan digunakan berasal dari sekitar kota Makassar dan Bili-Bili.

Khusus untuk material limbah plastik, diperoleh dari pengumpulan sampah di sekitar maupun dari pengumpul sampah. Limbah plastik jenis LDPE (*Low-Density Polyethylene*) sangat mudah dikenali karena sudah banyak digunakan oleh masyarakat. Proses daur ulang sampah plastik menjadi *pellet* plastik ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2. Diagram alir pengolahan limbah plastik menjadi *pellet*

a) Pengumpulan

Melakukan pengumpulan limbah plastik yang ada disekitar kita, khusus jenis LDPE.

b) Pembersihan

Setelah plastik terkumpul, plastik dibersihkan agar bersih dari kotoran, bau, zat kimia, zat organik, dan lain-lain.

c) Pelelehan

Proses ini bertujuan untuk melelehkan plastik yang telah bersih dan kering, sehingga dapat dibentuk dengan mudah sesuai dengan ukuran yang kita inginkan.



Gambar 3.3. Proses pelelehan

d) Pemotongan

Setelah proses pelelehan plastik, maka plastik dikeluarkan dari mesin pelelehan dan dipotong sesuai ukuran yang ditetapkan sebelum plastik mengeras.



Gambar 3.4. Proses pemotongan

e) *Pellet* plastik

Dari plastik yang telah dipotong-potong, dibentuk menyerupai batu pecah dengan berbagai ukuran (maksimal 20 mm). Sehingga diperoleh *pellet* plastik yang siap menjadi bahan baku dalam campuran beton.



Gambar 3.5. *Pellet plastik*

2) Pengujian karakteristik material

Pengujian karakteristik material yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah dan *pellet* plastik) dan agregat halus. Tujuannya untuk mengetahui karakteristik bahan penyusun beton. Pengujian karakteristik material meliputi pengujian berat isi agregat, pengujian analisa saringan agregat, analisa gradasi campuran (pasir, batu pecah, dan *pellet* plastik), pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat, pengujian ketahanan aus agregat kasar dengan mesin abrasi *Los Angeles*, pengujian butiran yang lolos saringan nomor 100 (0,15), dan pengujian kandungan organik di dalam agregat halus.

3) Perancangan campuran adukan beton (*mix design*)

Perancangan campuran adukan beton bertujuan untuk mendapat beton yang sebaik-baiknya sesuai dengan bahan dasar yang tersedia dan keinginan pembuat bangunan, yaitu kuat tekan yang disyaratkan, mudah dikerjakan, awet dan murah. Setelah memperoleh data-data karakteristik agregat melalui pengujian agregat maka data-data untuk rancangan campuran adukan beton normal telah tersedia. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton normal didasarkan pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) yang diterbitkan oleh Balitbang Kimpraswil (2003)

Rancangan campuran beton plastik pada dasarnya sama dengan rancangan campuran beton normal, hanya pada plastik volume batu pecah digantikan

oleh *pellet* plastik dalam persentase tertentu. Variasi benda uji berdasarkan volume *pellet* di dalam campuran beton sebesar 20%, 40%, dan 60% terhadap volume batu pecah. Berat *pellet* dan bahan beton lainnya, dihitung dari jumlah bahan dalam satuan berat (kg) yang dikonversi ke dalam satuan volume (liter) menggunakan Persamaan (2.1). Volume *pellet* dan bahan beton lainnya kemudian dikonversi kembali dalam satuan berat yang akan digunakan pada saat menakar bahan campuran beton menggunakan Persamaan (2.2).

Adapun Langkah-langkah dalam mengerjakan perancangan campuran adukan beton (*mix design*) antara lain:

- a. Perhitungan nilai deviasi standar (S)
 - b. Perhitungan nilai tambah (margin) (m)
 - c. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu
 - d. Perhitungan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr})
 - e. Penetapan jenis semen *Portland*
 - f. Penetapan jenis agregat
 - g. Penetapan nilai Faktor Air Semen (FAS)
 - h. Penetapan nilai *slump*
 - i. Penetapan besar butiran agregat maksimum
 - j. Penetapan jumlah air yang diperlukan (W_{air})
 - k. Penetapan kadar semen yang diperlukan (C)
 - l. Penetapan jenis agregat halus
 - m. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran
 - n. Penentuan berat agregat halus terhadap agregat campuran
 - o. Penentuan berat jenis agregat campuran
 - p. Perhitungan kebutuhan berat agregat halus
 - q. Perhitungan kebutuhan berat agregat kasar
- 4) Pembuatan campuran benda uji

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pembuatan campuran benda uji beton normal adalah sebagai berikut :

- a) Mempersiapkan semen, agregat kasar, agregat halus dan air dengan berat masing-masing yang telah diperhitungkan dalam hitungan campuran beton dengan metode SNI.
- b) Mempersiapkan mesin pengaduk, mesin getar, alat uji *slump*, cetakan silinder dan cetakan balok yang sudah diolesi oli.
- c) Memasukkan agregat kasar dan semen kedalam mesin pengaduk kemudian diaduk selama 30 detik.
- d) Memasukkan agregat halus kedalam mesin pengaduk kemudian diaduk sambil memasukkan air secara perlahan hingga campuran merata. Setelah tercampur selama 150 detik. Hentikan mesin pengaduk
- e) Setelah mesin pengaduk berhenti tuangkan campuran ke wadah penampung campuran.

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pembuatan campuran benda uji beton plastik adalah sebagai berikut :

- a) Mempersiapkan semen, agregat kasar, agregat halus, *pellet* plastik, dan air dengan berat masing-masing yang telah diperhitungkan dalam hitungan campuran beton dengan metode SNI.
- b) Mempersiapkan mesin pengaduk, mesin getar, alat uji *slump*, cetakan silinder dan cetakan balok yang sudah diolesi oli.
- c) Memasukkan agregat kasar dan *pellet* plastik kedalam mesin pengaduk kemudian diaduk hingga agregat kasar dan *pellet* plastik tercampur rata.
- d) Memasukkan semen ke dalam mesin pengaduk kemudian diaduk selama 30 detik.
- e) Memasukkan agregat halus kedalam mesin pengaduk kemudian diaduk sambil memasukkan air secara perlahan hingga campuran merata. Setelah tercampur selama 150 detik. Hentikan mesin pengaduk.

- f) Setelah mesin pengaduk berhenti tuangkan campuran ke wadah penampung campuran.

Tabel 3.1 Jumlah benda uji

Variasi	Jenis pengujian	Benda uji	Jumlah
BN	1. Kuat tekan	silinder	10
	2. Kuat lentur	balok	5
BP 20%	1. Kuat tekan	silinder	5
	2. Kuat lentur	balok	3
BP 40%	1. Kuat tekan	silinder	5
	2. Kuat lentur	balok	3
BP 60%	1. Kuat tekan	silinder	5
	2. Kuat lentur	balok	3



Gambar 3.6. Proses pencampuran agregat

5) Pengujian *slump*

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengujian *slump* adalah sebagai berikut :

- Membasahi kerucut uji *slump* terlebih dahulu dan menempatkan di atas papan *slump*. Papan *slump* harus ditempatkan di atas permukaan yang rata.
- Mengambil beton segar dari wadah dan memasukkan ke dalam kerucut sebanyak 3 lapis.
- Memadatkan beton segar dengan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali tiap lapisan.

- d) Meratakan permukaan kerucut serta membersihkan campuran yang terdapat pada papan *slump*.
- e) Mengangkat kerucut secara vertikal selama ± 5 detik.
- f) Mengukur nilai *slump* dari beton segar.



Gambar 3.7. *Slump test*

6) Pencetakan benda uji

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pencetakan benda uji adalah sebagai berikut :

- a) Memasukkan beton segar ke dalam cetakan silinder $\varnothing 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ dan cetakan balok $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ sebanyak 2 lapis.
- b) Untuk cetakan silinder, menumbuk campuran beton sebanyak 8 kali setiap lapis untuk memadatkan lapisan sambil memukul cetakan dengan palu karet. Untuk cetakan balok, menumbuk campuran beton sebanyak 40 kali setiap lapis untuk memadatkan lapisan sambil memukul cetakan dengan palu karet.
- c) Meletakkan benda uji di atas meja getar kemudian digetarkan hingga semua gelembung udara yang ada dalam campuran beton naik ke permukaan.
- d) Meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan ruskan atau mistar perata dan mendiamkan pada udara terbuka selama 24 jam hingga mengeras.



Gambar 3.8. Proses pencetakan benda uji

7) Perawatan benda uji

Satu hari setelah pencetakan, benda uji dibuka dari cetakannya kemudian dilakukan perawatan dengan cara merendamnya di dalam bak perendam selama 26 hari. Satu hari sebelum pengujian, benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan diletakkan pada suhu ruang selama ± 24 jam. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

8) Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji sudah berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan alat uji kuat tekan beton. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil benda uji yang sudah kering.
- b) Mengukur diameter dan tinggi benda uji.
- c) Menimbang benda uji menggunakan timbangan digital.
- d) Mengkaping benda uji agar penampang yang akan ditekan rata sehingga kuat tekannya bagus.
- e) Memasukkan benda uji ke dalam alat pengujiannya.
- f) Mencatat hasil pengujian untuk setiap sampel.
- g) Menghitung kuat tekan sampel.

9) Pengujian kuat lentur beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji sudah berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan alat uji kuat lentur beton. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil benda uji yang sudah kering.
- b) Mengukur dimensi benda uji kemudian memberi penanda masing-masing 5 cm dari tepi balok dan bentang balok 30 cm
- c) Setelah itu benda uji diletakkan simetris di atas blok tumpuan.
- d) Blok beban diletakkan tepat di tengah-tengah antara kedua tumpuan pada posisi sejajar.
- e) Memutar pengunci lalu menyalakan alat uji kuat lentur.
- f) Setelah benda uji patah, menghentikan alat uji kuat lentur.
- g) Mencatat hasil pengujian untuk setiap sampel
- h) Menghitung kuat lentur sampel.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian beton yang dilakukan pada penelitian ini yaitu saat beton dalam keadaan segar dan dalam keadaan keras. Pengujian dalam keadaan segar yaitu sebelum proses pencetakan dilakukan pengujian *slump* dan berat isi beton segar. Sedangkan pengujian beton dalam keadaan keras yaitu pengujian yang dilakukan pada beton umur 28 hari yang meliputi pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Hasil penelitian yang diperoleh melalui pengujian beton menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan menggunakan *pellet* plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai pengganti agregat kasar dengan persentase 20%, 40%, dan 60%. Adapun penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai tersebut, yaitu sebagai berikut:

4.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Berdasarkan pengujian karakteristik agregat di laboratorium diperoleh hasil karakteristik agregat halus dan agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian karakteristik agregat

No.	Jenis pengujian	Satuan	Syarat (SNI)		Jenis agregat		
			Pasir	Batu pecah	Pasir	Batu pecah	<i>Pellet</i> plastik
1	Kadar air	%	3-5	0,5-2	7,12	0,55	-
2	Kadar lumpur	%	0,2-6	0,2-1	4,78	1,01	-
3	Berat volume	kg/ltr	1,4-1,9	1,4-1,9	1,73	1,84	0,5
4	Berat jenis	%	1,6-3,2	1,6-3,2	2,44	2,58	-
5	Penyerapan	%	0,2-2	0,2-2	3,88	3,15	-
6	Analisa saringan	%	2,2-3,1	2,5-8,5	2,15	6,11	5,87
7	Keausan agregat	%	-	27-40	-	30,39	-
8	Kadar organik	-	< No. 3	-	No. 2	-	-

Dari Tabel 4.1 terkait dengan hasil pengujian karakteristik agregat, menunjukkan bahwa kadar air dan penyerapan agregat halus (pasir) relatif tinggi,

dan kadar lumpur agregat kasar (batu pecah) juga relatif tinggi dari syarat SNI. Selain pengujian pengujian tersebut, semua hasil untuk pengujian karakteristik agregat halus dan agregat kasar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Dengan demikian material agregat halus ini dapat digunakan untuk mix design beton normal dengan mengacu pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 093-2834-2002).

4.2 Rencana Campuran Beton (*Mix Design*)

Setelah melakukan pengujian karakteristik. Dilakukan perancangan campuran beton dengan membuat mix design terlebih dahulu. Hasil rancangan *mix design* ditunjukkan pada Tabel 4.2, sedangkan untuk perhitungan secara mendetail terdapat pada Lampiran II.

Tabel 4.2 Hasil *Mix Design*

Kebutuhan bahan yang digunakan untuk campuran beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.3

Uraian	Nilai	Satuan
1. Perhitungan nilai deviasi standar (S)	-	kg/m ²
2. Perhitungan nilai tambah (margin) (m)	7	MPa
3. Penetapan kuat tekan beton yang diisyaratkan (f'_c) pada umur tertentu	20	MPa
4. Perhitungan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr})	27	MPa
5. Penetapan jenis semen Portland	PCC Tipe I	
6. Penetapan jenis agregat		
— Agregat halus	Pasir : Bili-Bili	
— Agregat kasar	Batu pecah: Bili-Bili	
7. Penetapan nilai Faktor Air Semen (FAS)	0,5	
8. Penetapan nilai slump	7,5-15	cm
9. Penetapan besar butiran agregat maksimum	20	mm
10. Penetapan jumlah air yang diperlukan (W_{air})	205	kg/m ³
11. Penetapan kadar semen yang diperlukan (C)	410	kg/m ³
12. Penetapan jenis agregat halus	Zona III	
13. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran	33	%
14. Penentuan berat jenis agregat campuran	2,53	
15. Perkiraan berat volume beton segar	2300	kg/m ³
16. Perhitungan kebutuhan berat agregat campuran	1685	kg/m ³
17. Perhitungan kebutuhan berat agregat halus	556,05	kg/m ³
18. Perhitungan kebutuhan berat agregat kasar	1128,95	kg/m ³

Tabel 4.3 Kebutuhan bahan beton normal

Bentuk benda uji	Jumlah benda uji (buah)	Volume benda Uji (m ³)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)	Berat total (kg)
Silinder Kecil	10	0,00157	7,72	10,48	21,27	3,86	43,33
Balok	5	0,004	9,84	13,35	27,1	4,92	55,21

Perancangan campuran untuk beton plastik pada dasarnya sama dengan rancangan campuran beton normal. Namun, pada beton plastik volume agregat kasar (batu pecah) digantikan oleh *pellet* plastik sebesar 20%, 40%, dan 60% terhadap volume agregat kasar di dalam campuran beton.

Perhitungan bahan untuk beton plastik dimulai dengan perhitungan jumlah bahan dalam satuan berat (kg) yang kemudian dikonversi ke dalam satuan volume (liter). Volume *pellet* dan bahan lainnya kemudian dikonversi kembali dalam satuan berat (kg) yang akan digunakan dalam menakar bahan campuran beton.

Tabel 4.4 Kebutuhan bahan mula-mula untuk beton plastik (satuan berat)

Kode benda uji	Variasi kadar <i>pellet</i>	Kebutuhan bahan beton (kg)				Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Air	
BN-TK	0%	3,86	5,24	10,64	1,93	Sil. K = 5 bh
BN-LT	0%	5,9	8,01	16,26	2,95	Balok = 3 bh
		9,76	13,25	26,9	4,88	

Kebutuhan bahan dalam satuan berat dikonversi ke satuan volume untuk memperoleh kebutuhan *pellet* plastik. Nilai konversi yang digunakan adalah berat satuan batu pecah dari hasil pengujian laboratorium, yaitu:

Berat volume batu pecah = 1,84 kg/liter

Berat volume *pellet* plastik = 0,5 kg/liter

Tabel 4.5 Kebutuhan bahan mula-mula untuk 1 adukan beton plastik (satuan volume)

Kode benda uji	Variasi kadar <i>pellet</i>	Kebutuhan bahan beton (liter)				Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Air	
BN-TK	0%	3,09	3,03	5,78	1,93	Sil. K = 5 bh

BN-LT	0%	4,72	4,63	8,84	2,95	Balok = 3 bh
		7,81	7,66	14,62	4,88	

Jika telah diperoleh kebutuhan bahan untuk 1 adukan campuran beton dalam satuan volume, dilakukan variasi kadar *pellet* sebagai pengganti agregat kasar didalam campuran beton. Variasi kadar *pellet* di dalam campuran beton merupakan persentase volume *pellet* terhadap volume batu pecah. Variasi volume *pellet* terhadap volume batu pecah untuk benda uji silinder dan kubus yaitu sebagai berikut:

Silinder:

Variasi 1 = *pellet* plastik = 0% dengan kode BN- TK (Beton Normal)

Variasi 2 = *pellet* plastik = 20% dengan kode BP 20-TK

Variasi 3 = *pellet* plastik = 40% dengan kode BP 40-TK

Variasi 4 = *pellet* plastik = 60% dengan kode BP 60-TK

Balok:

Variasi 1 = *pellet* plastik = 0% dengan kode BN-LT (Beton Normal)

Variasi 2 = *pellet* plastik = 20% dengan kode BP 20-LT

Variasi 3 = *pellet* plastik = 40% dengan kode BP 40-LT

Variasi 4 = *pellet* plastik = 60% dengan kode BP 60-LT

Setiap variasi benda uji beton plastik menggunakan jumlah semen, air dan pasir yang sama dan mengacu pada tabel -. Sedangkan jumlah batu pecah dan *pellet* plastik dihitung sebagai berikut:

Kadar *Pellet* 20%

Berat batu pecah = volume batu pecah $\times$ 80% $\times$ berat volume batu pecah

Berat batu pecah 1 = $5,78 \times 0,8 \times 1,84 = 8,508 \approx 8,51$ kg

Berat batu pecah 2 = $8,84 \times 0,8 \times 1,84 = 13,012 \approx 13,01$ kg

$$\text{Berat } \textit{pellet} = \text{volume batu pecah} \times 20\% \times \text{berat volume } \textit{pellet}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 1 = 5,78 \times 0,2 \times 0,5 = 0,578 \approx 0,58 \text{ kg}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 2 = 8,84 \times 0,2 \times 0,5 = 0,884 \approx 0,88 \text{ kg}$$

Kadar *Pellet* 40%

$$\text{Berat batu pecah} = \text{volume batu pecah} \times 60\% \times \text{berat volume batu pecah}$$

$$\text{Berat batu pecah 1} = 5,78 \times 0,6 \times 1,84 = 6,381 \approx 6,38 \text{ kg}$$

$$\text{Berat batu pecah 2} = 8,84 \times 0,6 \times 1,84 = 9,759 \approx 9,76 \text{ kg}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} = \text{volume batu pecah} \times 40\% \times \text{berat volume } \textit{pellet}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 1 = 5,78 \times 0,4 \times 0,5 = 1,156 \approx 1,16 \text{ kg}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 2 = 8,84 \times 0,4 \times 0,5 = 1,768 \approx 1,77 \text{ kg}$$

Kadar *Pellet* 60%

$$\text{Berat batu pecah} = \text{volume batu pecah} \times 40\% \times \text{berat volume batu pecah}$$

$$\text{Berat batu pecah 1} = 5,78 \times 0,4 \times 1,84 = 4,254 \approx 4,25 \text{ kg}$$

$$\text{Berat batu pecah 2} = 8,84 \times 0,4 \times 1,84 = 6,506 \approx 6,51 \text{ kg}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} = \text{volume batu pecah} \times 60\% \times \text{berat volume } \textit{pellet}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 1 = 5,78 \times 0,6 \times 0,5 = 1,734 \approx 1,73 \text{ kg}$$

$$\text{Berat } \textit{pellet} 2 = 8,84 \times 0,6 \times 0,5 = 2,652 \approx 2,65 \text{ kg}$$

Setelah diperoleh kebutuhan batu pecah dan *pellet* plastik dalam satuan volume, kemudian dikonversi kembali kedalam satuan berat untuk penimbangan bahan di laboratorium.

Tabel 4.6 Kebutuhan bahan untuk beton plastik LDPE (satuan berat)

Kode benda uji	Variasi kadar <i>pellet</i>	Kebutuhan bahan beton (kg)					Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	<i>Pellet</i>	Air	
BP 20-TK	20%	3,86	5,24	8,51	0,58	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 20-LT		5,9	8,01	13,01	0,88	2,95	Balok = 3 bh

BP 40-TK	40%	3,86	5,24	6,38	1,16	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 40-LT		5,9	8,01	9,76	1,77	2,95	Balok = 3 bh
BP 60-TK	60%	3,86	5,24	4,25	1,73	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 60-LT		5,9	8,01	6,51	2,65	2,95	Balok = 3 bh
		29,28	39,75	48,42	8,77	14,64	

Setelah perhitungan kebutuhan bahan batu pecah dan *pellet* plastik, dibuat rekapitulasi bahan untuk beton normal dan beton plastik sebagai berikut:

Tabel 4.7 Kebutuhan bahan untuk beton normal dan beton plastik

Kode benda uji	Variasi kadar <i>pellet</i>	Kebutuhan bahan beton (kg)					Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	<i>Pellet</i>	Air	
BN-TK	0%	7,72	10,48	21,27	-	3,86	Sil. K = 10 bh
BN-LT		9,84	13,35	27,1	-	4,92	Balok = 5 bh
BP 20-TK	20%	3,86	5,24	8,51	0,58	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 20-LT		5,9	8,01	13,01	0,88	2,95	Balok = 3 bh
BP 40-TK	40%	3,86	5,24	6,38	1,16	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 40-LT		5,9	8,01	9,76	1,77	2,95	Balok = 3 bh
BP 60-TK	60%	3,86	5,24	4,25	1,73	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 60-LT		5,9	8,01	6,51	2,65	2,95	Balok = 3 bh

4.3 Pengujian Nilai Slump

Nilai slump merupakan parameter untuk mengontrol penggunaan air sesuai yang direncanakan dalam perencanaan campuran adukan beton. Tujuan pengujian nilai slump adalah untuk mengukur kelecakan beton segar sdan untuk memperkirakan tingkat kemudahan pengerjaan beton tersebut. Dari hasil pengecoran yang kami lakukan di laboratorium menunjukkan bahwa nilai slump rata-rata untuk masing-masing varian yang kami peroleh yaitu untuk beton normal (silinder) sebesar 14,67 cm dan beton normal (balok) yaitu 15 cm. Sedangkan untuk beton dengan *pellet* plastik dengan variasi 20%, 40%, dan 60% berturut-turut adalah sebesar 10,83 cm, 10,40 cm, dan 9,00 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa pengujian slump memenuhi standar penetapan nilai slump adukan beton

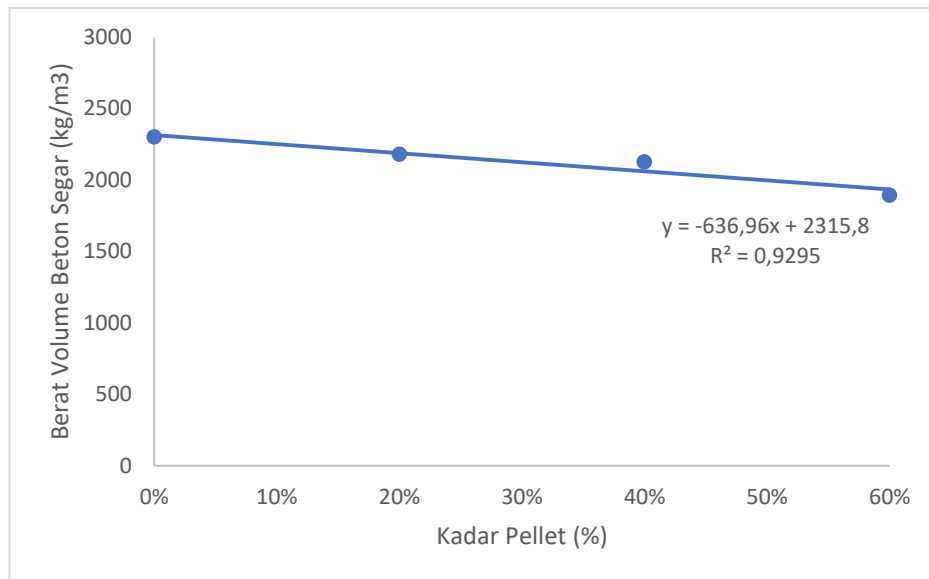
yaitu antara 7,5-15 cm. dan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai slump semakin mengecil setiap penambahan persentase kadar *pellet*.

4.4 Pengujian Berat Volume Beton Segar

Pengujian berat volume beton adalah pengujian yang dilakukan saat kondisi beton dalam keadaan segar. Pengujian berat volume beton segar bertujuan untuk mengetahui berat isi beton segar dan dibandingkan dengan berat isi secara analisis yang telah diperoleh dalam perancangan campuran adukan beton sebelumnya. Pengujian berat volume beton segar dilakukan pada saat setelah dilakukan pengecoran. Berikut adalah tabel hasil uji slump, berat beton segar, dan berat volume beton segar, untuk perhitungan lengkapnya terdapat pada Lampiran IV.

Tabel 4.8 Hasil uji slump, berat beton segar, dan berat volume beton segar

No	Kode benda uji	Kadar <i>pellet</i> (%)	<i>Slump</i> (cm)	Berat, W (kg)	Berat volume beton segar rata-rata (kg/m ³)
1	BN-TK	0	14,67	3,622	2300,32
2	BN-LT		15	9,592	2398,00
3	BP 20-TK	20%	10,83	6,56	2179,08
4	BP 20-LT				
5	BP 40-TK	40%	10,4	6,4	2125,93
6	BP 40-LT				
7	BP 60-TK	60%	9	5,7	1893,40
8	BP 60-LT				



Gambar 4.1 Hubungan antara kadar *pellet* dengan berat volume beton segar

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan berat volume rata-rata beton dengan kadar *pellet* terhadap beton normal. Sehingga pengujian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *pellet* dalam campuran beton maka berat volume beton semakin rendah. Hal ini disebabkan karena berat volume batu pecah yakni 1,84 kg/liter lebih besar dari berat volume *pellet* plastik yaitu 0,5 kg.

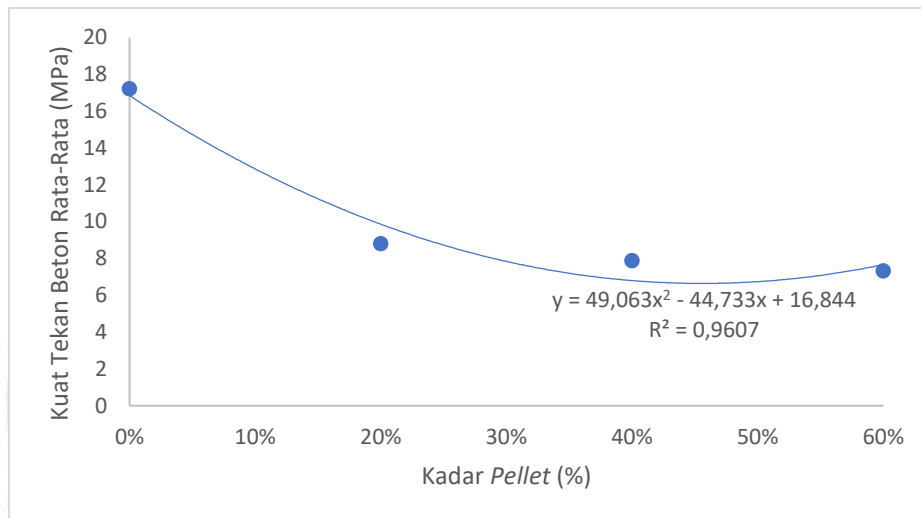
4.5 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (Balitbang Kimpraswil 2003). Tujuan pengujian kuat tekan beton (*compressive strength*) adalah untuk mengetahui dan memperoleh nilai kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan.

Pengujian berat volume beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berat isi beton keras yang diperoleh. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.9 dan grafik dibawah ini.

Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat tekan beton

No	Kode benda uji	Kadar <i>pellet</i> (%)	Kuat tekan beton rata-rata (MPa)	Persentase terhadap beton normal (%)
1	BN	0	17,20	-
2	BP 20-TK	20%	8,79	51,10
3	BP 40-TK	40%	7,87	45,75
4	BP 60-TK	60%	7,31	42,50



Gambar 4.2 Hubungan kadar *pellet* dengan kuat tekan beton

Hubungan antara penggunaan *pellet* plastik sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton dengan kuat tekan beton ditunjukkan pada Grafik 4.2 yang menggunakan metode analisis regresi polinomial orde dua dengan persamaan regresi $y=21,375x^2-26,055x+16,199$ dengan koefisien korelasi $R^2=0,9573$.

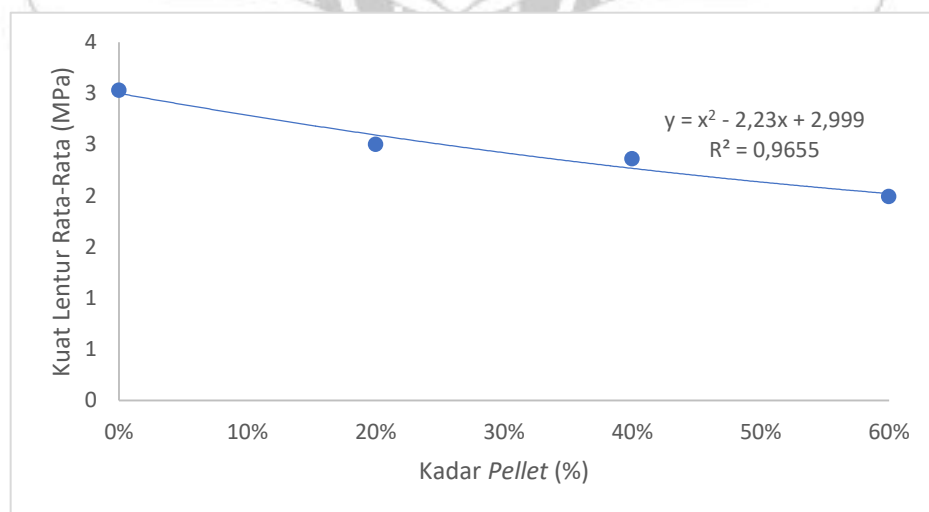
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang terdapat pada Lampiran V, diperoleh hasil rata-rata sebesar 17,20 MPa untuk beton normal. Sedangkan beton plastik dengan kadar *pellet* 20%, 40%, dan 60% berturut-turut sebesar 8,79 MPa, 7,87 MPa, dan 7,31 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan *pellet* plastik di dalam beton, terjadi penurunan kuat tekan rata-rata beton plastik terhadap beton normal. Sehingga dapat ditarik kesimpulan jika dimana semakin tinggi kadar *pellet* di dalam campuran beton, maka kuat tekan beton rata-rata semakin rendah.

4.6 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur balok beton pada umur 28 hari (beton keras) dapat dilihat pada Lampiran VI Kuat Lentur Beton. Pengolahan data hasil pengujian menggunakan Persamaan 2.4 karena patah vang terjadi hanya pada daerah 1/3 bentang tengah dan tidak ada patah vang terjadi di luar 1/3 bentang tengah. Hasil pengujian kuat lentur balok beton rata-rata dan persen penurunannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat lentur rata-rata beton

No	Kode benda uji	Kadar <i>pellet</i> (%)	Kuat lentur beton rata-rata (MPa)	Persentase terhadap beton normal (%)
1	BN	0	3,03	-
2	BP 20-LT	20%	2,50	82,51
3	BP 40-LT	40%	2,36	77,89
4	BP 60-LT	60%	1,99	65,68



Gambar 4.3 Hubungan kadar *pellet* dengan kuat lentur beton

Hubungan antara penggunaan *pellet* plastik sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton dengan kuat lentur beton ditunjukkan pada Grafik 4.3 yang menggunakan metode analisis regresi polinomial orde dua dengan persamaan regresi $y=40,875x^2-35,725x+9,06$ dengan koefisien korelasi $R^2=0,9359$.

Dan pengujian kuat lentur beton diperoleh hasil sebesar 9,41 MPa untuk beton normal. Sedangkan untuk beton plastik dengan kadar *pellet* 20%, 40%, dan 60% berturut turut sebesar 2,50 MPa, 2,36 MPa dan 1,99 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan *pellet* plastik di dalam beton menyebabkan terjadinya penurunan kuat lentur rata-rata terhadap beton normal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar *pellet* di dalam campuran beton. maka kuat lentur beton semakin rendah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kuat tekan rata-rata (f_c) untuk masing-masing variasi yaitu 17,20 MPa pada beton normal, 8,79 MPa untuk kadar *pellet* 20%, 7,87 MPa untuk kadar *pellet* 40%, dan 7,31 MPa untuk kadar *pellet* 60%. Melihat data tersebut dapat dikatakan bahwa kuat tekan rata-rata beton mengalami penurunan setiap penambahan *pellet* plastik sebagai pengganti agregat kasarnya.
2. Kuat lentur rata-rata beton untuk masing-masing variasi yaitu 3,03 MPa pada beton normal, 2,50 MPa untuk kadar *pellet* 20%, 2,36 MPa untuk kadar *pellet* 40%, dan 1,99 MPa untuk kadar *pellet* 60%. Melihat data tersebut dapat dikatakan bahwa kuat lentur rata-rata beton juga mengalami penurunan setiap penambahan *pellet* plastik sebagai pengganti agregat kasarnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah kami lakukan, maka dari penelitian tersebut kami dapat menyarankan bahwa:

1. Perlunya penelitian lebih lanjut pada penggunaan *pellet* plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE), misalnya dengan jenis agregat yang lebih baik atau dengan beberapa jenis pembanding dan juga metode-metode lain yang lebih efisien yang dapat dilakukan dalam pembuatan beton plastik.
2. Hendaknya lakukan uji analisa saringan beton plastik (gabungan batu pecah dan *pellet* plastik) untuk mengetahui gradasi gabungan kedua agregat tersebut.
3. Perlunya penanganan limbah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang sering ditemukan dikehidupan sehari-hari sehingga dapat

menguntungkan masyarakat, baik dari segi perekonomian maupun dari segi lingkungan karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

4. Walaupun dari segi kuat tekan dan kuat lentur beton ini mengalami penurunan, namun beton plastik ini memiliki kelebihan yaitu dapat dipakai untuk mengurangi berat beton itu sendiri.



DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Balitbang Kimpraswil). 2003. *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta.
- Deputi Bidang Analisa Sistem. 1989. *Penelusuran Pola Sistem Pengolahan Plastik Bekas di Jakarta dan Surabaya*. BPPT Jakarta.
- Indrawijaya, Budhi dkk. 2019. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE sebagai Pengganti Agregat untuk Pembuatan Paving Blok Beton. Dalam *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, Vol. 3 No. 1
- Jalali, Nur Aisyah. 2013. “Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar *Pellet Plastik Polypropylene*”. Dalam *Seminar Nasional III Teknik Sipil 2013 Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Jalali, Nur Aisyah dan Hasmar Halim. 2014. “Karakteristik Beton dengan Agregat Kasar *Pellet Polypropylene* dan Variasi Agregat Halus”. Dalam *INERSIA*, Vol. X. No. 1.
- McCormac, Jack C. 2004. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Neville, A.M., dan J.J. Brooks, 1987. *Concrete Technology*. Penerbit Longman Scientific and Technical: New York.
- Putra, Dwiki Pratama. dkk. 2018. “Studi Pengaruh Penambahan Binder Thermoplastic LDPE dan PET terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikulat untuk Aplikasi Material Bangunan”. Dalam *Jurnal Teknik ITS* Vol. 7, No. 1.
- Samekto, Wuryati dan Candra Rahmadiyanto. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sari, Ita Purnama dan As Ary Arman Nur. 2012. “Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai Pengganti Agregat Kasar”. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Program Studi D3 Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) T-15-1990-03. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Departemen Pekerjaan Umum: Bandung.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-4154 1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Bandung.

Sudarmono dkk. 2015. “Limbah Kantong Plastik Untuk Campuran Beton Solusi Rumah Murah”. Dalam *PROSIDING SENTRINOV* Vol. 001.

Sumartono. 2019. “Produksi Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik HDPE dan PETE 1 Kg”. Dalam *SEMNASTEK UISU 2019*.

Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : KMTS FT UGM.

Wikipedia. 2017. *Polietilena Berdensitas Rendah*. [Http://wikipedia.org/wiki/Polietilena_berdensitas_rendah](http://wikipedia.org/wiki/Polietilena_berdensitas_rendah). Diakses pada hari Minggu, 31 Januari 2021.



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a banner reads "POLITEKNIK NEGERI". The center features a gear-like shape with a stylized torch or flame in the middle. Below the gear, there is a depiction of an open book and a building. At the bottom, another banner reads "UJUNG PANDANG".

Lampiran I

Hasil Pengujian

Karakteristik Agregat



PENGUJIAN KADAR AIR AGREGAT

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 26-27 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat talam (W_1)	gr	173,93	173,81
Berat benda uji mula-mula + talam (W_2)	gr	1000,01	1000,52
Berat benda uji mula-mula (W_3)	gr	826,08	826,71
Berat benda uji kering + talam (W_4)	gr	995,73	995,78
Berat benda uji kering (W_5)	gr	821,8	821,97
Kadar Air	%	0,521	0,577
Rata-rata Kadar Air	%	0,55	

$$\text{Kadar Air} = \frac{(W_3) - (W_5)}{(W_5)} \times 100\%$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN KADAR AIR AGREGAT

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 26-27 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat talam (W1)	gr	167,49	168,84
Berat benda uji mula-mula + talam (W2)	gr	1000,02	1000,02
Berat benda uji mula-mula (W3)	gr	832,53	831,18
Berat benda uji kering + talam (W4)	gr	942,66	946,8
Berat benda uji kering (W5)	gr	775,17	777,96
Kadar Air	%	7,400	6,841
Rata-rata Kadar Air	%	7,12	

$$\text{Kadar Air} = \frac{(W_3) - (W_5)}{(W_5)} \times 100\%$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisviah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN KADAR LUMPUR

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-15 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

No	Uraian	Satuan	Percobaan	
			I	II
1	Berat mula-mula (W1)	gr	2000,53	2000,51
2	Berat kering (W2)	gr	1984,16	1976,87
3	Kadar Lumpur	%	0,825	1,196
Kadar Lumpur Rata-Rata		%	1,01	

$$W = \frac{(w_1) - (w_2)}{(w_1)} \times 100\%$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN KADAR LUMPUR

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-15 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdanaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

No	Uraian	Satuan	Percobaan	
			I	II
1	Berat mula-mula (W1)	gr	2000,05	2000,01
2	Berat kering (W2)	gr	1887,71	1921,25
3	Kadar Lumpur	%	5,617	3,938
Kadar Lumpur Rata-Rata		%	4,78	

$$W = \frac{(w_1) - (w_2)}{(w_1)} \times 100\%$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-14 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Uraian	Satuan	Hasil Percobaan		Rata-Rata
		I	II	
Berat Contoh SSD (B_j)	gr	2000	2000	2000
Berat Benda Uji Dalam Air (B_a)	gr	1228,04	1221,69	1224,865
Berat Kering Oven (B_k)	gr	1940,94	1936,82	1938,88
Berat Jenis Curah	-	2,51	2,49	2,50
Berat Jenis SSD	-	2,59	2,57	2,58
Berat Jenis Semu	-	2,72	2,71	2,72
Penyerapan	%	3,04	3,26	3,15

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)}$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)}$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Uraian	Satuan	Hasil Percobaan		Rata-Rata
		I	II	
Berat Contoh SSD (B_j)	gr	500,04	500	500,02
Berat Piknometer + Air + Benda Uji (B_t)	gr	991,67	988,34	990,005
Berat Piknometer + Air (B)	gr	695,35	695,33	695,34
Berat Kering Oven (B_k)	gr	481,4	481,27	481,335
Berat Jenis Curah	-	2,36	2,33	2,34
Berat Jenis SSD	-	2,45	2,42	2,44
Berat Jenis Semu	-	2,60	2,56	2,58
Penyerapan	%	3,87	3,89	3,88

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)}$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)}$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 16 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdanaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

- Tinggi Mold : 17 cm
- Diameter Mold : 15 cm

Uraian	Satuan	Hasil Percobaan			
		Lepas		Padat	
		I	II	I	II
Berat Mold (W1)	kg	1,96	1,94	1,96	1,94
Volume Mold (V)	liter	3,0026	3,0026	3,0026	3,0026
Berat Mold + Kerikil (W2)	kg	7,23	7,18	7,73	7,78
Berat Volume	kg/ltr	1,7551	1,7451	1,9217	1,9450
Rata-Rata I & II	kg/ltr	1,75		1,93	
Berat Volume Rata-Rata	kg/ltr	1,84			

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

Rumus berat volume:

$$\text{Cara lepas} = \frac{(w_2 - w_1)}{v}$$

$$\text{Cara padat} = \frac{(w_2 - w_1)}{v}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Materil : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 16 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

- Tinggi Mold : 17 cm
- Diameter Mold : 15 cm

Uraian	Satuan	Hasil Percobaan			
		Lepas		Padat	
		I	II	I	II
Berat Mold (W1)	kg	1,96	1,94	1,96	1,94
Volume Mold (V)	liter	3,0026	3,0026	3,0026	3,0026
Berat Mold + Pasir(W2)	kg	7,02	7	7,21	7,31
Berat Volume	kl/ltr	1,6852	1,6852	1,7485	1,7884
Rata-Rata I & II	kg/ltr	1,69		1,77	
Berat Volume Rata-Rata	kg/ltr	1,73			

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

Rumus berat volume:

$$\text{Cara lepas} = \frac{(w_2 - w_1)}{v}$$

$$\text{Cara padat} = \frac{(w_2 - w_1)}{v}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN ANALISA SARINGAN

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-14 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persentase Jumlah Berat Tertahan (%)	Persentase Jumlah Berat Lolos Saringan(%)
¾	19	849,350	0,000	0,000	100,000
⅜	9,6	1082,350	1082,350	52,703	47,297
No. 4	4,75	118,340	1200,690	58,466	41,534
PAN	-	3,620	1204,310	58,642	41,358
Jumlah		2053,660			

F_{Batu pecah}

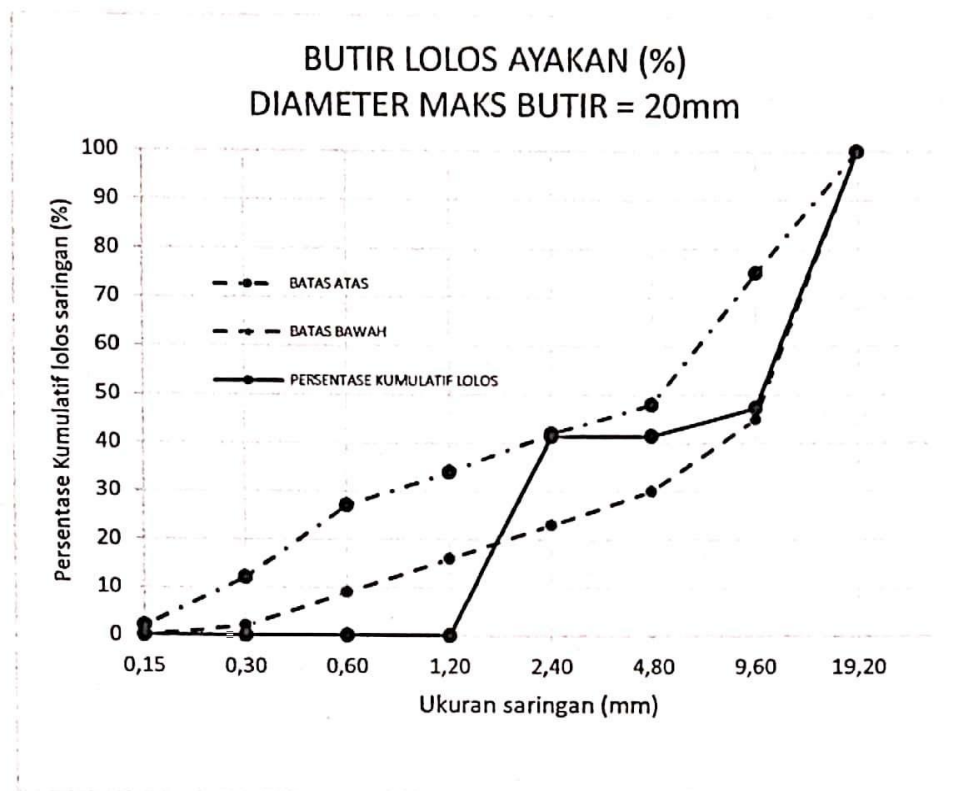
$$= \frac{(\sum \% \text{kumulatif tertahan pada saringan } 0,15 \text{ mm sampai saringan terbesar})}{100}$$

$$= \frac{(52,703 + 58,466 + (5 \times 100))}{100}$$

$$= 6,11$$



Grafik butir lolos ayakan (%) diameter maks butir = 20 mm



Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN ANALISA SARINGAN

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-14 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

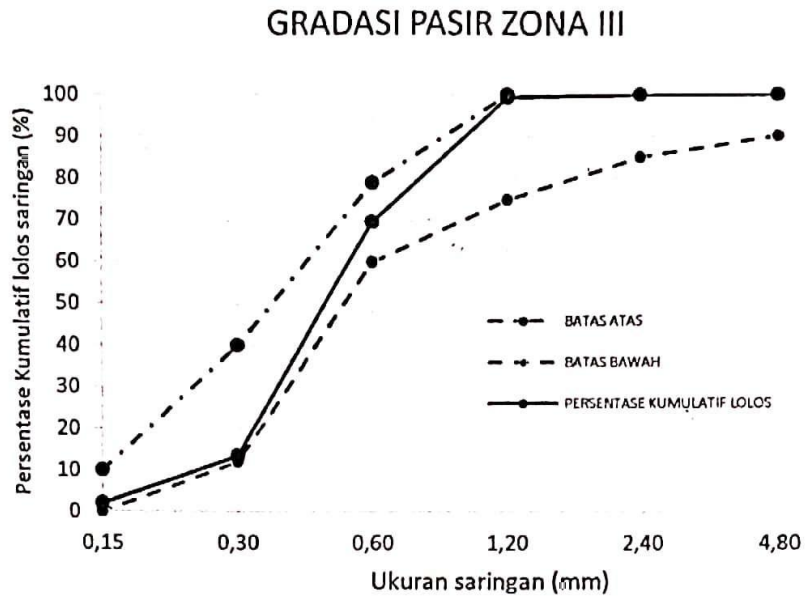
Tabel Data Pengujian

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persentase Jumlah Berat Tertahan (%)	Persentase Jumlah Berat Lolos Saringan(%)
No. 4	4,75	0,000	0,000	0,000	100,000
No. 8	2,36	0,000	0,000	0,000	100,000
No. 16	1,2	19,810	19,810	0,657	99,343
No. 30	0,6	894,710	914,520	30,323	69,677
No. 50	0,3	1695,180	2609,700	86,530	13,470
No. 100	0,15	344,900	2954,600	97,965	2,035
PAN	-	61,360	3015,960	100,000	0,000
Jumlah		3015,960			

$$\begin{aligned}F_{\text{Pasir}} &= \frac{(\sum \% \text{kumulatif tertahan pada saringan 0,15 mm sampai saringan terbesar})}{100} \\&= \frac{(0,657+30,323+86,530+97,965)}{100} \\&= 2,155\end{aligned}$$



Grafik Gradasi Agregat Halus menurut *Brithis Standart*



Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

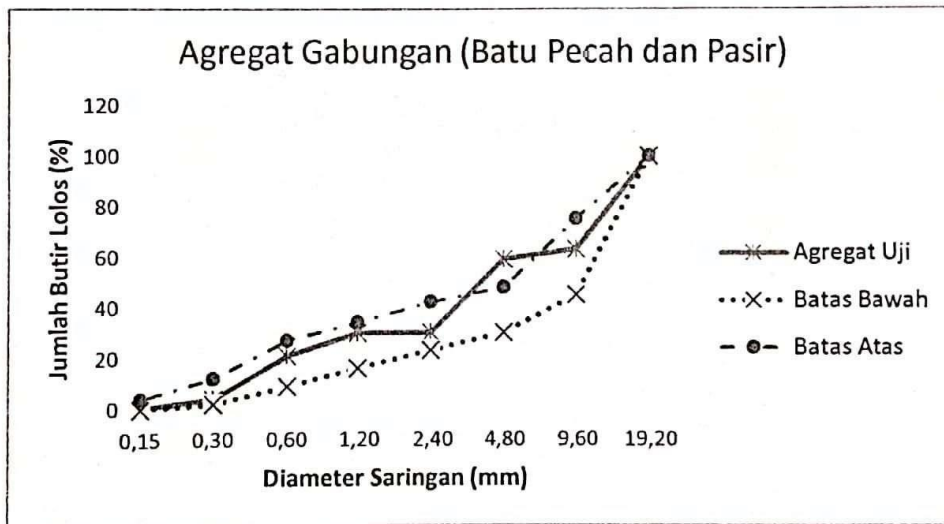
NIP.19690314 200312 2 001



PENGAGREGAN AGREGAT

Tabel Penggabungan Agregat

Ukuran saringan (mm)	Nomor saringan	Jumlah butir lolos agregat halus	Jumlah butir lolos agregat kasar	Persentase agregat halus	Persentase agregat kasar	Gradasi gabungan
		%	%	%	%	%
				33	67	
19,00	$\frac{3}{4}$	100	100	33	67	100
9,50	$\frac{3}{8}$	100	47,297	33	31,689	64,689
4,75	No. 4	100	41,534	33	27,828	60,828
2,36	No. 8	100	0	33	0	33
1,18	No. 16	99,343	0	32,783	0	32,783
0,60	No. 30	69,677	0	22,994	0	22,994
0,30	No. 50	13,470	0	4,445	0	4,445
0,15	No. 100	2,035	0	0,671	0	0,671
0,08	No.200	0	0	0	0	0
0,00	PAN	0	0	0	0	0



Grafik penggabungan agregat kasar dan gregat halus



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telp. 0411-585368, 585367, Fax.0411-586043, Email : pnup@poliupg.ac.id
Home Page : <http://www.poliupg.ac.id>

PENGUJIAN KEAUSAN

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (batu pecah)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 13-15 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Jumlah Bola Baja : 11 buah
Jumlah Putaran : 500 kali

Jumlah Bola Baja (Buah)	Ukuran Saringan		Berat Kerikil Setelah Tersaring (gr)	Total Kerikil (gr)	Berat Kerikil Tertahan Saringan No.12 (gr)
	Lolos	Tertahan			
11	¼	½	2500	5000	3834,72
	½	¾	2500		

$$\begin{aligned}\text{Keausan} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{5000-3834,72}{5000} \times 100\% \\ &= 30,39 \%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN KADAR ORGANIK

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat halus (pasir)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 15-16 April 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Uraian	Satuan	Percobaan	Gambar
Air	%	97%	
Larutan NaOH	%	3%	
Warna setelah didiamkan selama $\pm$ 24 jam	-	Warna standar nomor 2	

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245
Telp. 0411-585368, 585367, Fax. 0411-586043, Email : pnup@poliupg.ac.id
Home Page : <http://www.poliupg.ac.id>

PENGUJIAN BERAT VOLUME

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (plastik LDPE)
Sumber material : Makassar
Tanggal pengujian : 21 Juni 2021
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

- Tinggi Mold : 15,5 cm
- Diameter Mold : 15,9 cm

Uraian	Satuan	Hasil Percobaan			
		Lepas		Padat	
		I	II	I	II
Berat Mold (W1)	kg	3,22	3,22	3,22	3,22
Volume Mold (V)	liter	2,9987	2,9987	2,9987	2,9987
Berat Mold + pellet plastik (W2)	kg	4,66	4,62	4,78	4,78
Berat Volume	kg/ltr	0,4802	0,4669	0,5202	0,5202
Rata-Rata I & II	kg/ltr	0,4735		0,5202	
Berat Volume Rata-Rata	kg/ltr	0,4969			

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \pi d^2 t$$

Rumus berat volume:

$$\text{Cara lepas} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \quad \text{dan} \quad \text{Cara padat} = \frac{(W_2 - W_1)}{V}$$

Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S., S.T., M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



PENGUJIAN ANALISA SARINGAN

Proyek : Tugas Akhir
Material : Agregat kasar (plastik LDPE)
Sumber material : Bili-Bili
Tanggal pengujian : 21 Juni 2021
Dikerjakan : Fajar Perdanaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

Tabel Data Pengujian

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persentase Jumlah Berat Tertahan (%)	Persentase Lewat (%)
¾	19	151,200	151,200	15,116	84,884
½	12,5	835,550	986,750	98,647	1,353
⅜	9,5	7,030	993,780	99,350	0,650
4	4,75	5,200	998,980	99,870	0,130
PAN	-	1,300	1000,280	100,000	0,000
Jumlah		1000,280			

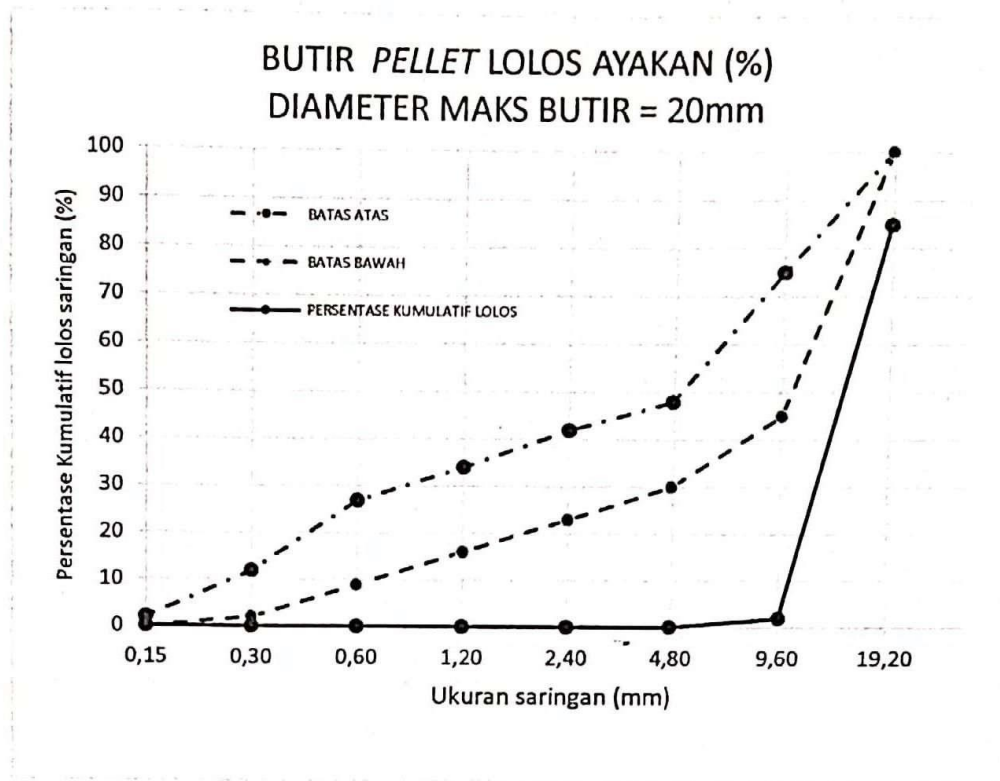
$$F_{\text{Pellet}} = \frac{(\sum \% \text{kumulatif tertahan pada saringan } 0,15 \text{ mm sampai saringan terbesar})}{100}$$

$$F_{\text{Pellet}} = \frac{(15,116 + 98,647 + 99,350 + 99,870 + (5 \times 100))}{100}$$

$$= 5,87$$



Grafik Gradasi Agregat Halus menurut *Brithis Standart*



Makassar, Agustus 2021

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S.,S.T.,M.Eng

NIP.19690314 200312 2 001



REKAPITULASI PENGUJIAN AGREGAT

Proyek : Tugas Akhir
Sumber material : Bili-Bili dan Makassar
Dikerjakan : Fajar Perdamaian / 31118034
Nurjasmin Rosaliana / 31118045

No	Karakteristik	Hasil	Spesifikasi	Pedoman	Keterangan
1	Kadar Air (Agregat Halus)	7,12%	3-5%	ASTM C566	Relatif tinggi
2	Kadar Air (Agregat Kasar)	0,55%	0,5-2%	ASTM C566	Memenuhi
3	Kadar Lumpur (Agregat Halus)	4,78%	0,2-6%	ASTM C117	Memenuhi
4	Kadar Lumpur (Agregat Kasar)	1,01%	0,2-1%	ASTM C117	Relatif tinggi
5	Berat Volume (Agregat Halus)	1,73 kg/liter	1,4-1,9 kg/liter	ASTM C29	Memenuhi
6	Berat Volume (Agregat Kasar)	1,84 kg/liter	1,6-1,9 kg/liter	ASTM C29	Memenuhi
7	Berat Volume (Pellet Plastik)	0,5	-	-	-
8	Kadar Organik	No. 2	<No.3	ASTM C40	Memenuhi
9	Berat Jenis SSD (Agregat Halus)	2,44	1,6-3,2	ASTM C128	Memenuhi
10	Berat Jenis SSD (Agregat Kasar)	2,58	1,6-3,2	ASTM C127	Memenuhi
11	Penyerapan (Agregat Halus)	3,88%	0,2-2,0%	ASTM C128	Relatif tinggi
12	Penyerapan (Agregat Kasar)	3,15%	0,2-4%	ASTM C127	Memenuhi
13	Modulus Kehalusan (Agregat Halus)	2,15	2,2-3,1	ASTM C104	Memenuhi
14	Modulus Kehalusan (Agregat Kasar)	6,11	5,50 - 8,50	ASTM C136	Memenuhi
15	Modulus Kehalusan (Pellet Plastik)	5,87	-	-	-
16	Keausan	30,39%	15-50%	ASTM C131	Memenuhi

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Bahan dan Beton

Martha Manganta, S. T., M. T.
NIP. 19641231 199003 2 004

Menyetujui,
Pembimbing Laboratorium

Nur Aisyah Jalali, S., S.T., M. Eng
NIP. 19690314 200312 2 001

The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a banner reads "POLITEKNIK NEGERI". The center features a gear-like shape with a five-pointed star inside. Below the gear is a stylized bird with spread wings. At the bottom, another banner reads "UJUNG PANDANG".

Lampiran II

Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perancangan Campuran Adukan Beton (*Mix Design*)

1. Perhitungan nilai deviasi standar (S)

Deviasi standar tidak dapat dihitung, karena mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton sebelumnya.

2. Perhitungan nilai tambah margin (m)

Karena pelaksana tidak mempunyai pengalaman sebelumnya, maka berdasarkan Tabel 1 (Balitbang Kimprawsil, 2003) untuk kuat tekan beton yang direncanakan (f'_c) sebesar **20 MPa** ditetapkan margin sebesar **7,0 MPa**.

Tabel 1 Nilai tambah (m) jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman lapangan (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Kuat tekan yang disyaratkan f'_c (MPa)	Nilai tambah (MPa)
<21	7,0
21 – 35	8,5
>35	10,0

3. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.

Kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari sebesar **20 MPa**.

4. Perhitungan kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr})

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= f'_c + m \\&= 20 + 7,0 \\&= \mathbf{27 \text{ MPa}}\end{aligned}$$

5. Penetapan jenis semen Portland

Dipilih semen *Portland* tipe I (PCC) merek Semen Tonasa untuk penggunaan umum.

6. Jenis agregat

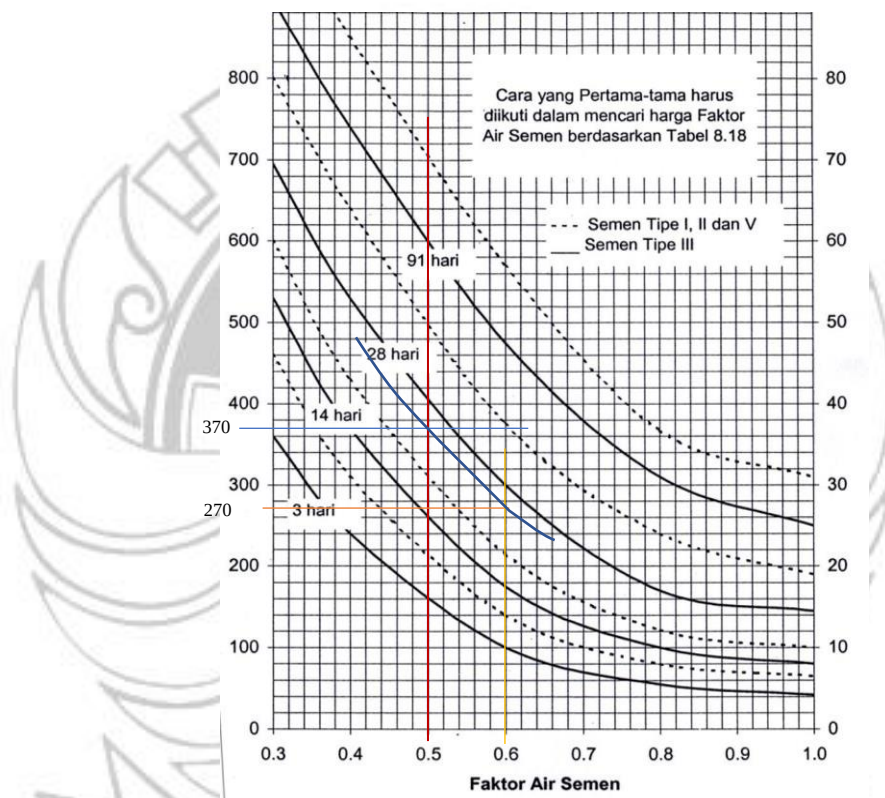
- a) Agregat halus = pasir
- b) Agregat kasar = batu pecah

7. Penetapan nilai faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditetapkan dengan dua cara, kemudian dibandingkan dan dipilih nilai faktor air semen yang terkecil.

Pada Tabel 2, berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton yang dikehendaki, dibaca perkiraan kuat tekan beton seandainya digunakan fas 0,50.

Berdasarkan nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh (sebagai ordinat), buatlah garis mendatar hingga garis fas 0,50 (sebagai absis). Pada titik tersebut, buatlah garis (lengkung) baru yang hampir sama dengan garis mendatar berdasarkan hasil dari langkah 4 (kuat tekan rata-rata perlu) hingga garis (lengkung) baru tersebut. Pada perpotongan garis –garis tersebut, taris garis ke bawah hingga memotong sumbu mendatar (absis) dan dapat dibaca nilai fas-nya.



Gambar 1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Tabel 2 Perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kuat tekan beton (Mpa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, IV	Alami (kerikil)	17	23	33	40

	Batuan (batu pecah)	19	27	37	45
III	Alami (kerikil)	21	28	38	44
	Batuan (batu pecah)	25	33	44	48

Dari nilai faktor air semen yang diperoleh , dari kedua cara diatas, maka dipilih nilai terkecil antara 0,5 dan 0,6. Jadi digunakan faktor air semen **0,5**.

8 Penetapan nilai *slump*

Karena belum memiliki data pengalaman sebelumnya, maka sebagai petunjuk awal digunakan tabel 3 (Balitbang Kimpraswil, 2003). Diasumsikan produk beton ini akan digunakan untuk **plat, balok, kolom dan dinding**.

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai *slump* rata-rata sebesar 8,75 cm.

Tabel 3 Penetapan nilai slump adukan beton (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	50
Pembetonan massal	7,5	2,5

9. Penetapan besar butiran agregat maksimum.

Ditetapkan berdasarkan hasil uji analisis saringan agregat kasar. Besar butir agregat maksimum yang di gunakan sebesar **20 mm**.

10. Penetapan jumlah air yang di perlukan (W_{air})

Jumlah air yang diperlukan per meter kubik diperkirakan berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan nilai *slump* yang ditunjukkan pada Tabel 4 (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Tabel 4 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Ukuran maksimum agregat kasar (mm)	Jenis agregat	Kebutuhan air per meter kubik beton (ltr) pada nilai slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu Pecah	100	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175

	Batu pecah	155	175	190	205
--	------------	-----	-----	-----	-----

Berdasarkan tabel 4, untuk ukuran butir maksimum agregat 20 mm dan nilai *slump* 60-180 mm, diperoleh :

- Jumlah air untuk agregat halus alami (A_h) = **195 liter**
- Jumlah air untuk agregat kasar pecahan (A_k) = **225 liter**

Agregat halus dan agregat kasar berasal dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), sehingga perkiraan jumlah air dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 W_{air} &= 0,67 A_h + 0,33 A_k \\
 &= 0,67 (195) + 0,33 (225) \\
 &= \mathbf{205 \text{ kg/m}^3}
 \end{aligned}$$

11. Penetapan kadar semen yang diperlukan (C)

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan persamaan:

$$W_{smn} = \frac{1}{fas} \times W_{air} = \frac{1}{0,5} \times 205 = \mathbf{410 \text{ kg/m}^3}$$

Nilai tersebut di atas dibandingkan dengan jumlah semen minimum yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (Balitbang Kimpraswil, 2003b)

Uraian	Jumlah semen minimum per m3 beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap- uap korosif	235	0,52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh suhu alkali dari tanah atau air tanah		*)
Beton yang kontinu berhubungan dengan air:		
a. Air laut		*)
b. Air tawar		

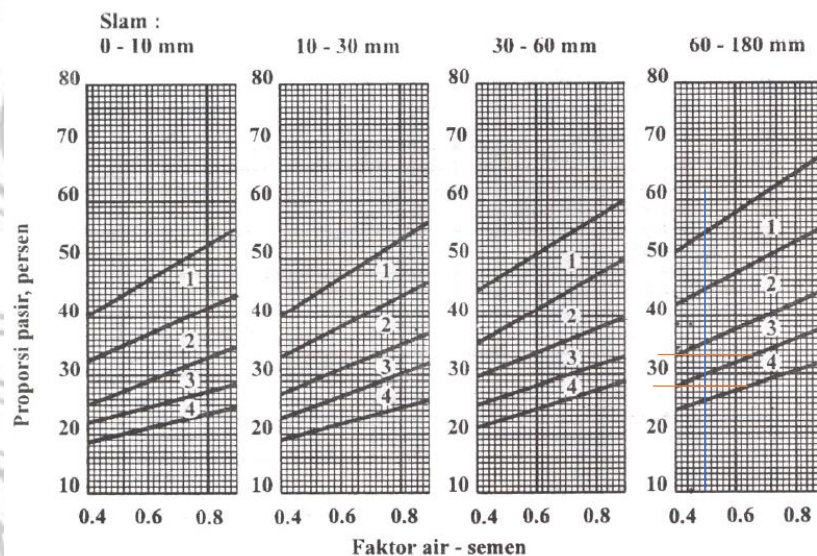
Dari dua nilai jumlah semen yang diperoleh dipilih nilai yang dipilih yang terbesar antar **410** dengan **325** jadi semen yang digunakan sebesar **410 kg/m³**.

12. Penetapan jenis (zona) agregat halus berdasarkan hasil pengujian analisa saringan (gradasi).

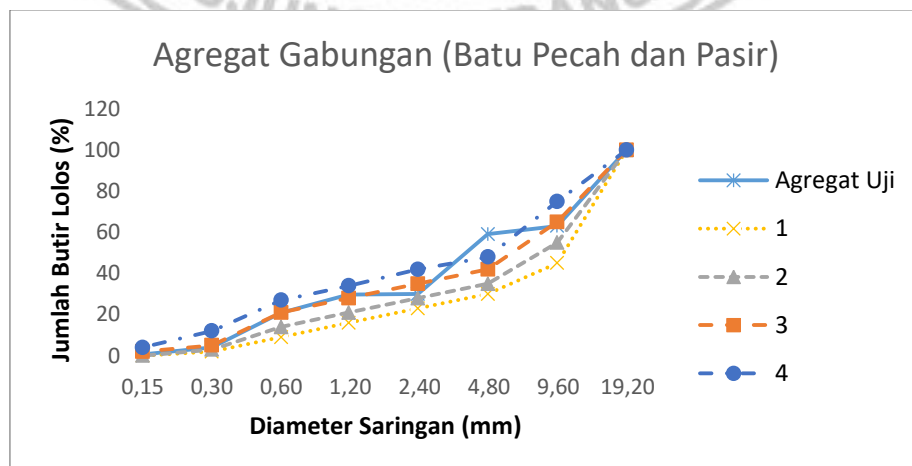
Agregat halus yang digunakan masuk jenis **Zona III**.

13. Proporsi berat halus terhadap agregat campuran.

Penetapan dilakukan dengan memperhatikan Gambar 2 untuk besar butir maksimum agregat kasar sebesar **20 mm**, di mana untuk nilai *slump* **60 – 180 mm**, faktor air semen **0,5** dan gradasi agregat halus pada **zona III**. Sedangkan dari hasil uji coba proporsi agregat halus terhadap agregat campuran diperoleh persentase yang terbaik yakni **33%**.



Dari hasil uji coba proporsi agregat halus terhadap agregat campuran diperoleh persentase agregat terbaik yakni 33%



Grafik penggabungan agregat

14. Penentuan berat jenis agregat campuran

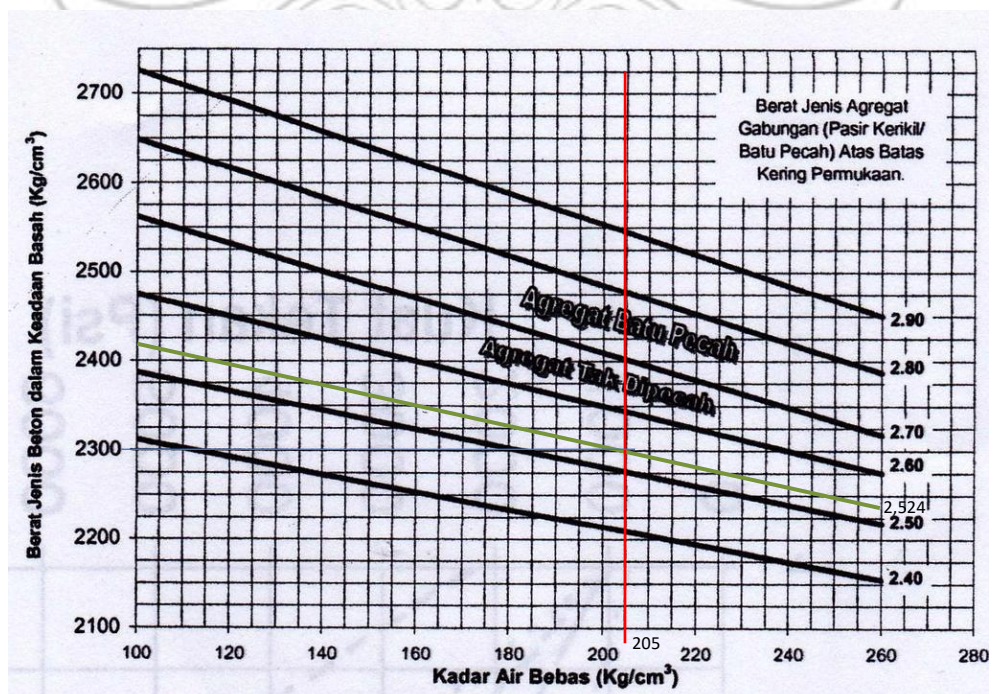
- Berat jenis agregat halus (b_{jh}) = 2,44
- Berat jenis agregat kasar (b_{jk}) = 2,58
- Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (k_h) = 33%
- Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (k_k) = 67%

Sehingga berat jenis agregat campuran yang dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 B_{jcamp} &= \frac{k_h}{100} \times b_{jh} + \frac{k_k}{100} \times b_{jk} \\
 &= \frac{33}{100} \times 2,44 + \frac{67}{100} \times 2,58 \\
 &= 0,8052 + 1,7286 \\
 &= 2,534 \approx 2,53
 \end{aligned}$$

15. Perkiraan berat volume beton segar

Berat beton segar diperkirakan berdasarkan Gambar 3, dimana berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air telah diketahui.



Gambar 3 Hubungan kadar air bebas, berat jenis agregat campuran, dan berat beton basah (Balitbang Kimpraswil, 2003)

Pada sumbu ordinat sebelah kanan, beri tanda nilai berat jenis agregat campuran sebesar **2,524**. Jika tidak ada garis grafik yang tepat maka dibuat garis grafik baru yakni 2,524 di antara 2,50 dan 2,60. Pada sumbu absis, beri tanda jumlah air yang dibutuhkan sebesar **205 kg/m³** kemudian tarik garis vertikal ke atas sampai bertemu dengan garis grafik **2,524** pada perpotongan kedua garis tersebut ditarik garis mendatar ke kiri sehingga diperoleh berat beton segar sebesar **2300 kg/m³**

16. Perhitungan kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung berdasarkan hasil yang diperoleh pada langkah (10), (11), dan (15) sehingga :

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat camp}} &= W_{\text{btn}} - W_{\text{air}} - W_{\text{smn}} \\ &= 2300 - 205 - 410 \\ &= \mathbf{1685 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

17. Perhitungan kebutuhan berat agregat halus

Kebutuhan agregat halus dihitung berdasarkan hasil pada langkah (13) dan (16) yaitu persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran dan berat agregat campuran per meter kubik beton, sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} W_{\text{agr.h}} &= k_h \times W_{\text{agr.camp}} \\ &= 33\% \times 1685 \\ &= \mathbf{556,05 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

18. Perhitungan kebutuhan berat agregat kasar

Berat agregat kasar yang diperlukan dihitung berdasarkan hasil pada langkah (13) dan (16) yaitu persentase berat agregat kasar terhadap berat agregat campuran dan berat agregat campuran per meter kubik beton, sehingga:

$$\begin{aligned} W_{\text{agr.k}} &= k_k \times W_{\text{agr.camp}} \\ &= 67\% \times 1685 \\ &= \mathbf{1128,95 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

Pembuatan benda uji beton

1. Perhitungan bahan untuk beton normal

a. Kebutuhan bahan untuk beton normal (silinder)

Kebutuhan bahan campuran beton sesuai benda uji yang akan dibuat, didasarkan atas data-data berikut :

Bentuk cetakan = Silinder

Ukuran cetakan = $\varnothing 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$

Jumlah benda uji, (n) = 10 buah

Faktor keamanan, S_f = 1,2

$$\begin{aligned}\text{Volume silinder, } V_s &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,10)^2 \times 0,20 = 0,00157 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jumlah masing-masing material penyusun beton adalah:

$$\begin{aligned}\text{Berat Semen} &= W_{\text{semen}} \times V_{s,\text{kecil}} \times n \times S_f \\ &= 410 \times 0,00157 \times 10 \times 1,2 \\ &= 7,724 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Pasir} &= W_{\text{agr.h}} \times V_{s,\text{kecil}} \times n \times S_f \\ &= 556,05 \times 0,00157 \times 10 \times 1,2 \\ &= 10,476 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Bt pecah} &= W_{\text{agr.k}} \times V_{s,\text{kecil}} \times n \times S_f \\ &= 1128,95 \times 0,00157 \times 10 \times 1,2 \\ &= 9,524 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Air} &= W \times V_{s,\text{kecil}} \times n \times S_f \\ &= 205 \times 0,00157 \times 10 \times 1,2 \\ &= 1,931 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kebutuhan bahan untuk beton normal (balok)

Kebutuhan bahan campuran beton sesuai benda uji yang akan dibuat, didasarkan atas data-data berikut :

Bentuk cetakan = Balok

Ukuran cetakan = $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$

Jumlah benda uji, (n) = 5 buah

Faktor keamanan, S_f = 1,2

$$\begin{aligned}\text{Volume balok, } V_b &= p \times l \times t \\ &= 0,10 \times 0,10 \times 0,40 = 0,004 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jumlah masing masing material penyusun beton adalah:

$$\begin{aligned}
\text{Berat Semen} &= W_{\text{semen}} \times V_b \times n \times S_f \\
&= 410 \times 0,004 \times 5 \times 1,2 \\
&= 9,84 \text{ kg} \\
\text{Berat Pasir} &= W_{\text{agr.h}} \times V_b \times n \times S_f \\
&= 556,05 \times 0,004 \times 5 \times 1,2 \\
&= 13,345 \text{ kg} \\
\text{Berat Bt. pecah} &= W_{\text{agr.k}} \times V_b \times n \times S_f \\
&= 1128,95 \times 0,004 \times 5 \times 1,2 \\
&= 27,095 \text{ kg} \\
\text{Air} &= W_{\text{air}} \times V_b \times n \times S_f \\
&= 205 \times 0,004 \times 5 \times 1,2 \\
&= 4,92 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tabel Kebutuhan bahan untuk 1 adukan beton normal (satuan berat)

Kode Benda Uji	Variasi Kadar Pellet	Kebutuhan Bahan Beton (kg)				Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Air	
BN-TK	0%	7,72	10,48	21,27	3,86	Sil. K = 10 bh
BN-LT	0%	9,84	13,35	27,1	4,92	Balok = 5 bh
		17,56	23,83	48,37	8,78	

2. Perhitungan bahan untuk beton plastik

a. Kebutuhan bahan untuk beton plastik (silinder)

Kebutuhan bahan campuran beton sesuai benda uji yang akan dibuat, didasarkan atas data-data berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Bentuk cetakan} &= \text{Silinder} \\
\text{Ukuran cetakan} &= \varnothing 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \\
\text{Jumlah beda uji, (n)} &= 5 \text{ buah} \\
\text{Faktor keamanan, } S_f &= 1,2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume silinder, } V_s &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
&= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,10)^2 \times 0,20 = 0,00157 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Jumlah masing-masing material penyusun beton adalah:

$$\begin{aligned}
\text{Berat Semen} &= W_{\text{semen}} \times V_{s.\text{kecil}} \times n \times S_f \\
&= 410 \times 0,00157 \times 5 \times 1,2 \\
&= 3,862 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\text{Berat Pasir} = W_{\text{agr.h}} \times V_{s.\text{kecil}} \times n \times S_f$$

$$= 556,05 \times 0,00157 \times 5 \times 1,2$$

$$= 5,238 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Bt pecah} = W_{\text{agr.k}} \times V_{\text{s.kecil}} \times n \times S_f$$

$$= 1128,95 \times 0,00157 \times 5 \times 1,2$$

$$= 10,635 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Air} = W \times V_{\text{s.kecil}} \times n \times S_f$$

$$= 205 \times 0,00157 \times 5 \times 1,2$$

$$= 1,931 \text{ kg}$$

b. Kebutuhan bahan untuk beton plastik (balok)

Kebutuhan bahan campuran beton sesuai benda uji yang akan dibuat, didasarkan atas data-data berikut :

$$\text{Bentuk cetakan} = \text{Balok}$$

$$\text{Ukuran cetakan} = 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah beda uji, (n)} = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Faktor keamanan, } S_f = 1,2$$

$$\text{Volume balok, } V_b = p \times l \times t$$

$$= 0,10 \times 0,10 \times 0,40 = 0,004 \text{ m}^3$$

Jumlah masing masing material penyusun beton adalah:

$$\text{Berat Semen} = W_{\text{semen}} \times V_b \times n \times S_f$$

$$= 410 \times 0,004 \times 3 \times 1,2$$

$$= 5,904 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Pasir} = W_{\text{agr.h}} \times V_b \times n \times S_f$$

$$= 556,05 \times 0,004 \times 3 \times 1,2$$

$$= 8,007 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Bt. pecah} = W_{\text{agr.k}} \times V_b \times n \times S_f$$

$$= 1128,95 \times 0,004 \times 3 \times 1,2$$

$$= 16,257 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = W_{\text{air}} \times V_b \times n \times S_f$$

$$= 205 \times 0,004 \times 3 \times 1,2$$

$$= 2,952 \text{ kg}$$

Tabel Kebutuhan bahan mula-mula untuk beton plastik (satuan berat)

Kode Benda Uji	Variasi Kadar Pellet	Kebutuhan Bahan Beton (kg)				Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Air	
BN-TK	0%	3,86	5,24	10,64	1,93	Sil. K = 5 bh
BN-LT	0%	5,9	8,01	16,26	2,95	Balok = 3 bh
		9,76	13,25	26,9	4,88	

Hasil pada kedua tabel diatas kemudian dikonversi kedalam satuan volume, dimana diketahui berat volume bahan sebagai berikut:

Berat volume semen : 1,25 kg/l

Berat volume air : 1,00 kg/l

Berat volume pasir : 1,73 kg/l

Berat volume batu pecah : 1,84 kg/l

Berat volume *pellet* LDPE : 0,5 kg/l

Kebutuhan bahan mula-mula untuk beton plastik (dalam volume)

$$\text{Volume semen} = \frac{\text{berat semen}}{\text{berat volume semen}}$$

$$\text{Volume semen 1} = \frac{3,86}{1,25} = 3,088 \approx 3,09 \text{ liter}$$

$$\text{Volume semen 2} = \frac{5,90}{1,25} = 4,72 \text{ liter}$$

$$\text{Volume pasir} = \frac{\text{berat pasir}}{\text{berat volume pasir}}$$

$$\text{Volume pasir 1} = \frac{5,24}{1,73} = 3,029 \approx 3,03 \text{ liter}$$

$$\text{Volume pasir 2} = \frac{8,01}{1,73} = 4,63 \text{ liter}$$

$$\text{Volume batu pecah} = \frac{\text{berat batu pecah}}{\text{berat volume batu pecah}}$$

$$\text{Volume batu pecah 1} = \frac{10,64}{1,84} = 5,783 \approx 5,78 \text{ liter}$$

$$\text{Volume batu pecah 2} = \frac{16,26}{1,84} = 8,837 \approx 8,84 \text{ liter}$$

$$\text{Volume air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat volume air}}$$

$$\text{Volume air 1} = \frac{1,93}{1,00} = 1,93 \text{ liter}$$

$$\text{Volume air 2} = \frac{2,95}{1,00} = 2,95 \text{ liter}$$

Tabel Kebutuhan bahan mula-mula untuk 1 adukan beton plastik (satuan volume)

Kode Benda Uji	Variasi Kadar Pellet	Kebutuhan Bahan Beton (liter)				Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Air	
BN-TK	0%	3,09	3,03	5,78	1,93	Sil. K = 5 bh
BN-LT	0%	4,72	4,63	8,84	2,95	Balok = 3 bh
		7,81	7,66	14,62	4,88	

Perhitungan kebutuhan agregat kasar (batu pecah dan *pellet* plastik LDPE) dalam berat untuk 3 variasi:

Kadar Pellet 20%

Berat batu pecah = volume batu pecah $\times$ 80% $\times$ berat volume batu pecah

Berat batu pecah 1 = $5,78 \times 0,8 \times 1,84 = 8,508 \approx 8,51 \text{ kg}$

Berat batu pecah 2 = $8,84 \times 0,8 \times 1,84 = 13,012 \approx 13,01 \text{ kg}$

Berat *pellet* = volume batu pecah $\times$ 20% $\times$ berat volume *pellet*

Berat *pellet* 1 = $5,78 \times 0,2 \times 0,5 = 0,578 \approx 0,58 \text{ kg}$

Berat *pellet* 2 = $8,84 \times 0,2 \times 0,5 = 0,884 \approx 0,88 \text{ kg}$

Kadar Pellet 40%

Berat batu pecah = volume batu pecah $\times$ 60% $\times$ berat volume batu pecah

Berat batu pecah 1 = $5,78 \times 0,6 \times 1,84 = 6,381 \approx 6,38 \text{ kg}$

Berat batu pecah 2 = $8,84 \times 0,6 \times 1,84 = 9,759 \approx 9,76 \text{ kg}$

Berat *pellet* = volume batu pecah $\times$ 40% $\times$ berat volume *pellet*

Berat *pellet* 1 = $5,78 \times 0,4 \times 0,5 = 1,156 \approx 1,16 \text{ kg}$

Berat *pellet* 2 = $8,84 \times 0,4 \times 0,5 = 1,768 \approx 1,77 \text{ kg}$

Kadar Pellet 60%

Berat batu pecah = volume batu pecah $\times$ 40% $\times$ berat volume batu pecah

Berat batu pecah 1 = $5,78 \times 0,4 \times 1,84 = 4,254 \approx 4,25 \text{ kg}$

Berat batu pecah 2 = $8,84 \times 0,4 \times 1,84 = 6,506 \approx 6,51 \text{ kg}$

Berat *pellet* = volume batu pecah $\times$ 60% $\times$ berat volume *pellet*

Berat *pellet* 1 = $5,78 \times 0,6 \times 0,5 = 1,734 \approx 1,73$ kg

Berat *pellet* 2 = $8,84 \times 0,6 \times 0,5 = 2,652 \approx 2,65$ kg

Tabel kebutuhan bahan untuk beton plastik LDPE (satuan berat)

Kode Benda Uji	Variasi Kadar Pellet	Kebutuhan Bahan Beton (kg)					Keterangan
		Semen	Pasir	Bt. Pecah	Pellet	Air	
BP 20-TK	20%	3,86	5,24	8,51	0,58	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 20-LT		5,9	8,01	13,01	0,88	2,95	Balok = 3 bh
BP 40-TK	40%	3,86	5,24	6,38	1,16	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 40-LT		5,9	8,01	9,76	1,77	2,95	Balok = 3 bh
BP 60-TK	60%	3,86	5,24	4,25	1,73	1,93	Sil. K = 5 bh
BP 60-LT		5,9	8,01	6,51	2,65	2,95	Balok = 3 bh
		29,28	39,75	48,42	8,77	14,64	





Lampiran III

Nilai Slump dan Berat

Volume Beton Segar

NILAI SLUMP DAN BERAT VOLUME BETON SEGAR

No.	Kadar Pellet (%)	Nomor Benda Uji	Bentuk Benda Uji	Tanggal Pengecoran	Berat (kg)			Cetakan (mm)				Volume, V (m ³)	Slump	Slump Rata-rata (cm)	Berat Volume Beton Segar (kg/m ³)	Berat Volume Beton Segar Rata-rata (kg/m ³)
					Cetakan	Cetakan+Beton	Beton	diameter, d	tinggi, t	panjang, p	lebar, l					
1	0%	1	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,56	9,2	3,64	99	202	-	-	0,0016	14,67	14,67	2340,00	2300,32
		2	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,52	9,28	3,76	100	203	-	-	0,0016	14,67		2357,37	
		3	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,96	9,62	3,66	100	200	-	-	0,0016	14,67		2329,09	
		4	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,26	8,82	3,56	100	199	-	-	0,0016	14,67		2276,84	
		5	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,42	9	3,58	100	201	-	-	0,0016	14,67		2266,85	
		6	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,4	9	3,6	100	200	-	-	0,0016	14,67		2290,91	
		7	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,26	8,86	3,6	100	200	-	-	0,0016	14,67		2290,91	
		8	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,22	8,9	3,68	100	201	-	-	0,0016	14,67		2330,17	
		9	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,24	8,8	3,56	100	201	-	-	0,0016	14,67		2254,18	
		10	Silinder Kecil	15 Juli 2021	5,26	8,84	3,58	100	201	-	-	0,0016	14,67		2266,85	

		1	Balok	15 Juli 2021	11	20,74	9,74	-	100	400	100	0,0040	15	15	2435,00	2398
		2	Balok	15 Juli 2021	11,02	20,62	9,6	-	100	400	100	0,0040	15		2400,00	
		3	Balok	15 Juli 2021	10,98	20,64	9,66	-	100	400	100	0,0040	15		2415,00	
		4	Balok	15 Juli 2021	11,04	20,6	9,56	-	100	400	100	0,0040	15		2390,00	
		5	Balok	15 Juli 2021	10,98	20,38	9,4	-	100	400	100	0,0040	15		2350,00	
2	20%	1	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83	10,83	2179,08	2179,08
		2	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		3	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		4	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		5	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		1	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		2	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
		3	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,52	6,56	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,83		2179,08	
3	40%	1	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40	10,40	2125,93	2125,93
		2	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
		3	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
		4	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
		5	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
		1	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	

		2	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
		3	Balok	28 Juli 2021	1,96	8,36	6,4	149,6	171,2	-	-	0,0030	10,40		2125,93	
4	60%	1	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00	9,00	1893,40	1893,40
		2	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		3	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		4	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		5	Silinder Kecil	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		1	Balok	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		2	Balok	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	
		3	Balok	28 Juli 2021	1,96	7,66	5,7	149,6	171,2	-	-	0,0030	9,00		1893,40	

Nilai slump:

$$BN\ 1 = \frac{13+12,5+18,5}{3} = 14,67\text{ cm}$$

Berat Volume Beton Segar:

$$BN\ 1 = \frac{\text{Berat beton (kg)}}{\text{volume (m}^3\text{)}} = \frac{3,64\text{ kg}}{0,0016\text{ m}^3} = 2340\text{ kg/m}^3$$

The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a banner reads "POLITEKNIK NEGERI". The center features a gear-like shape with a stylized torch or flame in the middle. Below the gear is a book and a building. At the bottom, a banner reads "UJUNG PANDANG".

Lampiran IV

Kuat Tekan Beton

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pengcoran	Ukuran (mm)		Luas, A (mm ²)	Volume, V (m ³)	Berat, W (kg)	Berat Volume, Wc (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata, Wc (kg/m ³)	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Beban, P (kN)	Kuat Tekan, f _c (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan, f _{cr} (MPa)
			diameter, d (mm)	tinggi, t (mm)										
1	BN 1	15 Juli 2021	99	202	7700,79	0,00156	3,52	2262,85	2238,91	12 Agustus 2021	28	120,5	15,65	17,20
2	BN 2	15 Juli 2021	100	203	7857,14	0,00160	3,5	2194,36		12 Agustus 2021	28	137,5	17,50	
3	BN 3	15 Juli 2021	100	200	7857,14	0,00157	3,52	2240,00		12 Agustus 2021	28	136	17,31	
4	BN 4	15 Juli 2021	100	199	7857,14	0,00156	3,52	2251,26		12 Agustus 2021	28	135	17,18	
5	BN 5	15 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	3,5	2216,19		12 Agustus 2021	28	132	16,80	
6	BN 6	15 Juli 2021	100	200	7857,14	0,00157	3,52	2240,00		12 Agustus 2021	28	132,8	16,90	
7	BN 7	15 Juli 2021	100	200	7857,14	0,00157	3,52	2240,00		12 Agustus 2021	28	137,3	17,47	
8	BN 8	15 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	3,57	2260,52		12 Agustus 2021	28	79,5	10,12	
9	BN 9	15 Juli 2021	99	201	7700,79	0,00155	3,52	2274,11		12 Agustus 2021	28	144,4	18,75	
10	BN 10	15 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	3,49	2209,86		12 Agustus 2021	28	135,1	17,19	
11	BP 20% 1	28 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	3,43	2171,87	2166,64	25 Agustus 2021	28	73,1	9,30	8,79
12	BP 20% 2	28 Juli 2021	100	202	7857,14	0,00159	3,44	2167,42		25 Agustus 2021	28	60,5	7,70	
13	BP 20% 3	28 Juli 2021	100	204	7857,14	0,00160	3,44	2146,17		25 Agustus 2021	28	69,9	8,90	
14	BP 20% 4	28 Juli 2021	100	203	7857,14	0,00160	3,42	2144,20		25 Agustus 2021	28	72,8	9,27	

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pengecoran	Ukuran (mm)		Luas, A (mm ²)	Volume, V (m ³)	Berat, W (kg)	Berat Volume, Wc (kg/m ³)	Berat Volume Rata-rata, Wc (kg/m ³)	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Beban, P (kN)	Kuat Tekan, f _c (MPa)	Rata-rata Kuat Tekan, f _{cr} (MPa)
15	BP 20% 5	28 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	3,48	2203,53		25 Agustus 2021	28	154,8	19,70	
16	BP 40% 1	28 Juli 2021	101	204	8015,07	0,00164	3,28	2006,02		25 Agustus 2021	28	151,4	18,89	7,87
17	BP 40% 2	28 Juli 2021	100	203	7857,14	0,00160	3,23	2025,08		25 Agustus 2021	28	61,8	7,87	
18	BP 40% 3	28 Juli 2021	99	202	7700,79	0,00156	3,21	2063,57	2017,79	25 Agustus 2021	28	63,4	8,23	
19	BP 40% 4	28 Juli 2021	100	200	7857,14	0,00157	3,16	2010,91		25 Agustus 2021	28	62,5	7,95	
20	BP 40% 5	28 Juli 2021	99	201	7700,79	0,00155	3,07	1983,39		25 Agustus 2021	28	57,2	7,43	
21	BP 60% 1	28 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	2,93	1855,27		25 Agustus 2021	28	55,3	7,04	7,31
22	BP 60% 2	28 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	2,97	1880,60		25 Agustus 2021	28	57,3	7,29	
23	BP 60% 3	28 Juli 2021	99	201	7700,79	0,00155	3,25	2099,68	1906,20	25 Agustus 2021	28	81,8	10,62	
24	BP 60% 4	28 Juli 2021	100	201	7857,14	0,00158	2,9	1836,27		25 Agustus 2021	28	55,1	7,01	
25	BP 60% 5	28 Juli 2021	100	204	7857,14	0,00160	2,98	1859,18		25 Agustus 2021	28	62	7,89	

Rumus:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

f_c = kuat tekan beton (MPa)

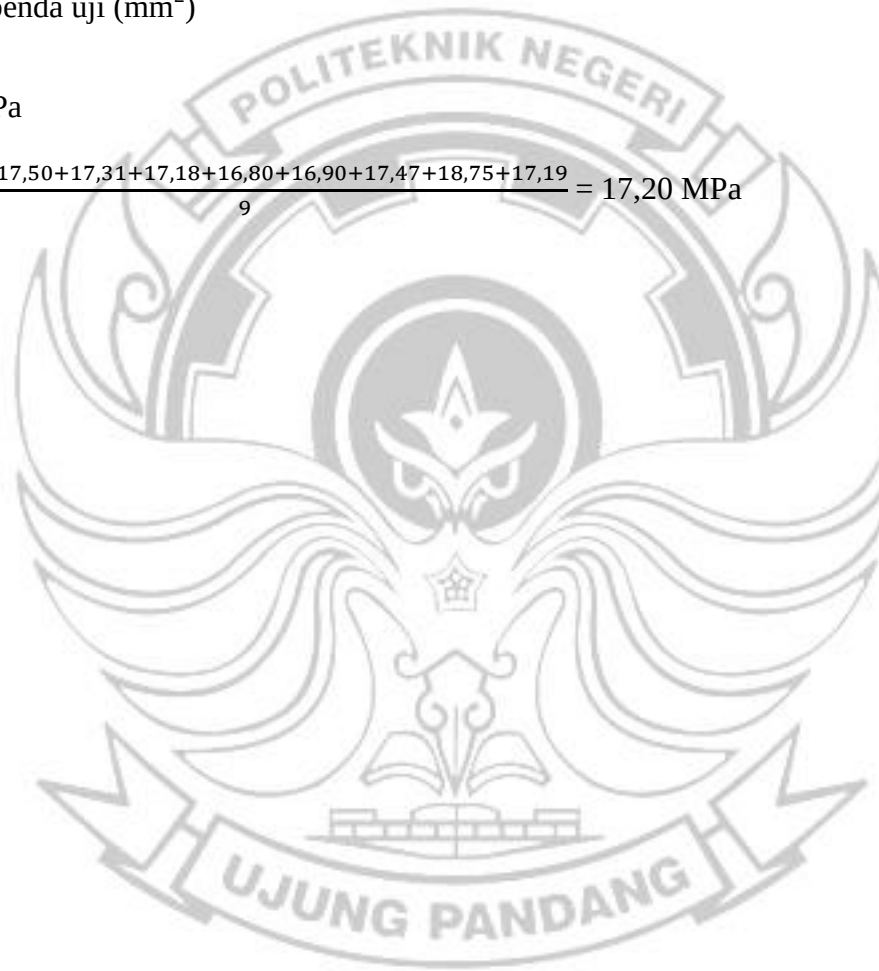
P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat Tekan Beton :

$$\text{BN 1} = \frac{P}{A} = \frac{120500 \text{ N}}{7700,79 \text{ mm}^2} = 15,65 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata Kuat Tekan Beton} = \frac{15,65+17,50+17,31+17,18+16,80+16,90+17,47+18,75+17,19}{9} = 17,20 \text{ MPa}$$



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a banner reads "POLITEKNIK NEGERI". The center features a gear-like shape with a stylized torch or flame in the middle. Below this, there is a crown-like element. At the bottom, another banner reads "UJUNG PANDANG". The entire emblem is surrounded by decorative, flame-like or leaf-like patterns.

Lampiran V

Kuat Lentur Beton

HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pengecoran	Ukuran (mm)			Volume, V (m ³)	Berat, W (kg)	Berat Volume, Wc (kg/m ³)	Berat Volume rata-rata, Wc (kg/m ³)	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Beban, P (kN)	Kuat Lentur, R (MPa)	Rata-rata Kuat Lentur (MPa)
			panjang, p	lebar, l	tinggi, t									
1	BN 1	15 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,13	2282,5	2300,5	12 Agustus 2021	28	51	15,3	3,03
2	BN 2	15 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,14	2285		12 Agustus 2021	28	13,8	4,14	
3	BN 3	15 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,2	2300		12 Agustus 2021	28	51	15,3	
4	BN 4	15 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,37	2342,5		12 Agustus 2021	28	34,6	10,38	
5	BN 5	15 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,17	2292,5		12 Agustus 2021	28	6,4	1,92	
6	BP 20% 1	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,21	2302,5	2275,83	25 Agustus 2021	28	8,34	2,502	2,50
7	BP 20% 2	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,07	2267,5		25 Agustus 2021	28	0	0	
8	BP 20% 3	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	9,03	2257,5		25 Agustus 2021	28	0	0	
11	BP 40% 1	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	8,17	2042,5	2098,33	25 Agustus 2021	28	8,07	2,421	2,36
12	BP 40% 2	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	8,41	2102,5		25 Agustus 2021	28	7,05	2,115	
13	BP 40% 3	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	8,6	2150		25 Agustus 2021	28	8,49	2,547	
16	BP 60% 1	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	8,05	2012,5	1965,83	25 Agustus 2021	28	6,53	1,959	1,99
17	BP 60% 2	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	7,75	1937,5		25 Agustus 2021	28	5,97	1,791	
18	BP 60% 3	28 Juli 2021	400	100	100	0,004	7,79	1947,5		25 Agustus 2021	28	7,42	2,226	

Rumus:

Karena patah benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_{ltr} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P.L}{2.3}}{\frac{1}{6}.b.h^2} = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

Keterangan:

P = beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma), N

l = jarak (bentang) antara dua garis perletakan, mm

b = lebar tampang lintang patah, mm

h = tinggi tampang lintang patah, mm

Perhitungan BN 1

$$\frac{P.L}{b.h^2} = \frac{51000 \text{ kN}.300 \text{ mm}}{100\text{mm}.100^2\text{mm}} = 15,3 \text{ MPa}$$

$$\text{Rata-rata kuat lentur (MPa)} = \frac{4,14+1,92}{2} = 3,03 \text{ MPa}$$



Lampiran VI

Dokumentasi

Lampiran 6.1 Proses Kaping Silinder Beton

1. Persiapan peralatan kaping beton



2. Peletakan cairan sulfur diatas alat perata kaping



3. Peletakan benda uji silinder diatas cairan sulfur dan alat perata kaping



4. Silinder beton yang telah selesai dikaping



Lampiran 6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

1. Benda uji silinder di dalam mesin uji kuat tekan



2. Pengujian kuat tekan beton



3. Benda uji setelah diuji



Lampiran 6.7 Pengujian Kuat Lentur Beton

1. Benda uji silinder di dalam mesin uji kuat tekan



2. Pengujian kuat tekan beton



3. Benda uji setelah diuji





POLITEKNIK NEGERI UNGPANDANG

URUSAN TEKNIK SIPIL

Nama : Fajar Perdanaian

Nim : 311 18 034

Program Studi : D3 Teknik Konstruksi Gedung



Nama : Nurjasmin Rosaliana

Nim : 311 18 045

Program Studi : D3 Teknik Konstruksi Gedung



Judul Tugas Akhir : Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Agregat Kasar Limbah Plastik Jenis Low-Density Polyethylene (LDPE)

Pembimbing I

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	7/5-21	Hasil uji kar. agr → lengkapi	
2.	25/5-21	Lakukan uji kar. agr / pellet	
3.	28/6-21	Perbaiki mix design	
4.	10/7-21	Siap mengcor BN	
5.		Siapkan peralatan & bahan	
6.	19/7-21	Perhit. bahan / BP ok	
7.	8/8-21	Perbaiki Bab I - III	
8.	29/8-21	Lengkapi Bab I → III sesuai koreksi	
9.	2/9-21	Bab IV → pembahasan didis-	
10.		kusikan dgn Pemb. II	
11.	6/9-21	Perbaiki / lengkapi / asistensi terakhir	
12.	8/9-21	Acc, siap utk sidang	

Pembimbing II

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	9/5/2021	Uji karakteristik agregat	
2.	28/5/2021	Uji karakteristik OK, buat mix design	
3.	15/6/2021	Perbaiki komposisi beton normal & bahan tambah	
4.	7/7/2021	Persiapan cor BN	
5.	20/7/2021	Persiapan untuk cor LDPE kuat lentur	
6.	27/7/2021	Persiapan untuk cor LDPE tekan	
7.	28/7/2021	Buat retap hasil uji tekan BN dan LDPE	
8.	30/8/2021	Buat grafik perbandingan hubungan kuat tekan & vari	
9.	3/9/2021	Lengkapi hasil dan pembahasan, buat kesimpulan	
10.		dan lengkapi tujuannya	
11.	7/9/2021	Koreksi kesimpulan	
12.		Persiapan untuk ujian TA	

Mengetahui:

Ketua Program Studi

Abdullah Latip, S.T., M.T

Nip. 19850309 201504 1 001

Dengan ini kami menyatakan bahwa mahasiswa yang bersangkutan telah memenuhi syarat untuk ujian sidang.

Pembimbing I

Nur Aisyah Jalali, S.ST., M.Eng

Nip. 19690314 200312 2 001

Pembimbing II

Ashari Ibrahim, S.ST., M.T.

Nip. 19700814 200312 1 001