

**PENGARUH KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN
PENAMBAHAN LIMBAH HDPE (*HIGH DENSITY
POLYETHYLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGISI**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik**

Oleh:

**Aris Munandar
NIM 1503120122**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH
2021**

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan
Penambahan Limbah HDPE (*High Density Polyethylene*)
Sebagai Bahan Pengisi

Nama Mahasiswa : Aris Munandar

NIM : 1503120122

Program Studi : Teknik Sipil

Banda Aceh, 2 Maret 2021

Menyetujui,
Pembimbing



Keumala Citra Sarina Zein, ST, MT, IPM
NIDN. 0126108201

Diketahui/Disahkan oleh

Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Aceh
Ketua



Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM,
ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Aceh
Dekan



Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU,
ASEAN Eng, ACPE
NIDN. 0104037002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aris Munandar

NIM : 1503120122

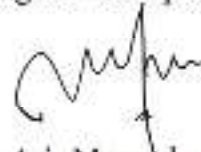
Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan namanya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya

Banda Aceh, 2 Maret 2021

Saya yang membuat pernyataan,



Aris Munandar
NIM : 1503120122

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Shalawat dan salam penulis juga sampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta sahabatnya.

Tugas akhir ini berjudul **“Pengaruh Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Limbah HDPE (*High Density Polyethylene*) Sebagai Bahan Pengisi”** ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Keumala Citra Sarina Zein, ST, MT sebagai pembimbing.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh (Dr. Ir. Hafnidar A.Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng)
2. Bapak Ka.Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng. Sc, IPM, ASEAN Eng)
3. Ibu Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP)
4. Tenaga Pengajar pada Prodi Tekni Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh
5. Bapak Agustiar, ST, MT, IPM selaku penguji I dan Ibuk Widya Soviana, ST, M.Si, IPM selaku penguji II yang telah memberi banyak masukan untuk perbaikan tulisan ini.
6. Kepada Ayahanda, Ibunda, abang dan kakak tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan untuk keberhasilan penulis.

7. Teman-teman yang terkasih dan tersayang yang telah banyak membantu penulis baik materi maupun tenaga dan memberikan dukungan dalam proses penelitian dan penulisan tugas akhir, serta semua pihak yang tidak disebutkan namanya yang telah turut membantu penulis sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga ALLAH SWT, memberikan kemuliaan yang setimpal kepada semua atas kebaikan-kebaikan yang diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Akhirnya kepada ALLAH SWT jugalah kita berserah diri, karena tiada satupun dapat terjadi jika tidak atas kehendak-Nya.

Banda Aceh, 2 Maret 2021

Penulis,

Aris Munandar

NIM : 1503120122

PENGARUH KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGISI

Oleh:

Aris Munandar

1503120122

Pembimbing

Keumala Citra Sarina Zein, ST, MT. IPM

ABSTRAK

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan kuat tekan lebih besar dari 41,4 MPa. Akan tetapi pengembangan material di bidang konstruksi pada zaman sekarang difokuskan pada penggunaan limbah–limbah untuk menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi manusia. Sebagian besar dari limbah plastik tersebut merupakan limbah plastik yang berjenis HDPE (*high density polyethylene*). HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang paling banyak digunakan pada aplikasi rumah tangga maupun industri. HDPE memiliki karakteristik tahan terhadap kuat Tarik 20-40 MPa dan dapat menahan daya hantar panas hingga 1200 derajat celcius. HDPE mengadakan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan HDPE (5%, 10%, 15% dan 20%) sebagai bahan tambah agregat kasar terhadap kuat tekan (SNI 1974:2011), modulus elastisitas (SNI 03-2847-2002), dan pola retak (ASTM C39-86) yang terbentuk setelah diberi tekanan. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 14 dan 28 hari. Faktor air semen (FAS) yang digunakan 0,35 dengan dimensi silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil penelitian pada pengujian kuat tekan 28 hari menunjukkan bahwa beton mutu tinggi dengan penambahan HDPE mengalami penurunan kuat tekan. pada persentase beton normal BN 0% memiliki kuat tekan sebesar 49.01 MPa, pada persentase HDPE 5% memiliki kuat tekan sebesar 36.13 MPa, pada persentase HDPE 10% memiliki kuat tekan sebesar 30.76 MPa, pada persentase HDPE 15% memiliki kuat tekan sebesar 26.37 MPa dan pada persentase 20% memiliki kuat tekan sebesar 23.55 MPa. Nilai modulus elastisitas mengalami penurunan pada persentase 5%, 10%, 15% dan 20%. Penurunan yang dialami kuat tekan beton dan modulus elastisitas sangat berpengaruh pada banyaknya penggunaan HDPE, karena banyaknya penggunaan HDPE dapat mengurangi daya lekat antar butiran dan dapat berpengaruh terhadap kekuatan dan ketahanan beton. Pada pengamatan pola retak, jenis pola retak yang banyak terjadi adalah jenis pola *Cone and Shear*. hasil analisis varian menunjukkan bahwa penggunaan HDPE sebagai bahan tambah agregat kasar memiliki pengaruh terhadap kuat.

Kata Kunci: Beton Mutu Tinggi, FAS, HDPE, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas.

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN	i
PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Beton Mutu Tinggi.....	4
2.2 Material Penyusun Mutu Beton Tinggi.....	4
2.2.1 Semen	5
2.2.2 Agregat.....	5
2.2.3 HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>).....	10
2.2.4 Bahan Tambah	11
2.2.5 Air	12
2.3 Mix Desain.....	13
2.4 Prosedur Capping/Kaping.....	13
2.5 Mutu Adukan Beton.....	13
2.6 Kuat tekan	14
2.7 Modulus Elastisitas	16
2.8 Pola Retak	17
2.9 Penelitian Terdahulu	18

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Peralatan dan Pengadaan Material	21
3.1.1	Peralatan Yang Digunakan.....	21
3.1.2	Pengadaan Material	22
3.2	Prosedur Penelitian.....	23
3.2.1	Pekerjaan Persiapan	23
3.2.2	Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat	23
3.2.3	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mx Desain</i>)	25
3.2.4	Pengadukan Beton.....	26
3.2.5	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	27
3.2.6	Pengujiian Kuat Tekan Silinder Beton.....	28
3.2.6	Pengamatan Pola Retak.....	28
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Hasil Pemeriksaan Fisis Agregat	29
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat	29
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat	30
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Susutna Butiran Agregat.....	31
4.2	Hasil Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Desain</i>).....	31
4.3	Hasil Pengujian Slump Test.....	32
4.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	32
4.5	Hubungan Tegangan – Regangan Mortar Mutu Tinggi Non Susut Yang Dipercepat Pada Umur 28 Hari dan Modulus Elastisitasnya	34
4.6	Pola Retak	36
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran.....	38
DAFTAR KEPUSTAKAAN		40

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Jenis Slump Yang Mungkin Terjadi Pada Beton Muda.....	14
Gambar 2.2	Pengujian Kuat Tekan Beton	15
Gambar 2.3	Pola Retak Pada Silinder.....	18
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan Kuat Tekan.....	33
Gambar 4.2	Grafik Variasi Tenggangan Regangan	35
Gambar 4.3	Jenis-jenis Pola Retak Yang Terjadi Setelah Pembebanan Pada Umur 14 Hari	36
Gambar 4.3	Jenis-jenis Pola Retak Yang Terjadi Setelah Pembebanan Pada Umur 28 Hari	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Tabel 2.1 Karakteristik HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)..... 11
Tabel 3.1	Komposisi Dan Jumlah Pembuatan Benda Uji Beton 27
Tabel 4.1	Berat Volume Agregat 29
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat 30
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat 30
Tabel 4.4	Nilai <i>Fineness Modulus</i> Agregat..... 31
Tabel 4.5	Perencanaan Campuran Beton 1m ³ Adukan Beron dengan FAS 0,35..... 31
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran <i>Slump</i> Berdasarkan Penggunaan Kondisi Air yang Berbeda..... 32
Tabel 4.7	Data Hasil Kuat Tekan Beton 32
Tabel 4.8	Hasil Perbandingan HDPE 0 s/d 20% Pada Umur 14 Hari..... 33
Tabel 4.9	Hasil Perbandingan HDPE 0 s/d 20% Pada Umur 20 Hari..... 34
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas..... 35
Tabel 4.11	Persamaan Regresi Nominal 35

DAFTAR LAMPIRAN A

	Halaman
Lampiran A.1 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir	42
Lampiran A.2 Peta Provinsi Aceh	43
Lampiran A.3 Peta Aceh Besar.....	44
Lampiran A.3.1 Peta Kota Banda Aceh	44
Lampiran A.4 Wadah dan Saringan	45
Lampiran A.4.1 Saringan	45
Lampiran A.4.2 Gelas <i>Thaulow's</i>	46
Lampiran A.4.3 Oven.....	46
Lampiran A.4.4 Alat Timbangan	47
Lampiran A.4.5 Timbangan	47
Lampiran A.4.6 Mollen.....	48
Lampiran A.4.7 Mesin Uji Kuat Tekan	48
Lampiran A.4.8 Cetakan Benda Uji.....	49
Lampiran A.4.9 Agregat	49
Lampiran A.5.1 Semen	50
Lampiran A.5.2 Proses Pengeringan Pasir.....	50
Lampiran A.5.3 <i>Superplasticizer</i>	51
Lampiran A.6 Proses Pengeringan HDPE	51
Lampiran A.6.1 Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat Sudah Ditimbang.....	52
Lampiran A.6.2 Proses Pengecoran Benda Uji.....	52
Lampiran A.6.3 Proses Penumbukan Benda Uji.....	53
Lampiran A.6.4 Proses Pengecoran Benda Uji.....	53
Lampiran A.6.5 <i>Capping</i> Benda Uji	54
Lampiran A.7 Pembukaan Cetakan.....	54
Lampiran A.7.1 Perawatan Benda Uji	55
Lampiran A.8 Pengukuran Benda Uji.....	55
Lampiran A.8.1 Timbang Benda Uji.....	56
Lampiran A.8.2 Pengujian Kuat tekan.....	56

DAFTAR LAMPIRAN B

	Halaman
Lampiran B.1.1	Perkiraan Berat Air dan Kandungan Udara untuk Beberapa
	Slump dan Diameter Agregat Maksimum yang berbeda 57
Lampiran B.1.2	Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton 57
Lampiran B.1.3	Perkiraan Awal Berat Beton Segar 58
Lampiran B.1.4	Karakteristik HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>) 58
Lampiran B.1.5	Daerah Susunan Butir Agregat 59
Lampiran B.1.6	Daerah Batasan gradasi British Standard 59
Lampiran B.1.7	Susunan Saringan Menurut Beberapa Standar Beton 60
Lampiran B.1.8	Data Teknis Sika Viscocrete 1003 60
Lampiran B.1.9	Hubungan Antara Umur dan Kuat Tekan Beton 61
Lampiran B.1.10	Nilai Faktor Koreksi Dari Berbagai Ukuran Benda uji
	silinder Beton 61

DAFTAR LAMPIRAN C

	Halaman
Lampiran C.1.1 Kerikil (<i>coarse aggregate</i>).....	62
Lampiran C.1.2 Pasir (<i>coarse sand</i>).....	62
Lampiran C.1.3 Modulus Halus Butir (<i>finesses modulus</i>) <i>Split 1-2</i>	63
Lampiran C.1.4 Modulus Halus Butir (<i>finesses modulus</i>) <i>Course Sand</i>	63
Lampiran C.2.1 Berat Volume (<i>coarse aggregate</i>)	64
Lampiran C.2.2 Berat Volume (<i>coarse sand</i>)	64
Lampiran C.3.1 Berat Jenis dan Absorsi Kerikil (<i>coarse aggregate</i>).....	65
Lampiran C.3.2 Berat Jenis dan Absorsi Kerikil (<i>coarse sand</i>)	66
Lampiran C.4.1 Agregat Campuran Beton Normal	67
Lampiran C.5.1 Rencana Campuran Beton Normal	68
Lampiran C.6.1 Variasi Kuat Tekan umur 14 Hari.....	71
Lampiran C.6.2 Variasi Kuat Tekan umur 28 Hari.....	72
Lampiran C.7.1 Modulus Elastisitas KT.HDPE 5%	73
Lampiran C.7.2 Modulus Elastisitas KT.HDPE 10%	75
Lampiran C.7.3 Modulus Elastisitas KT.HDPE 15%	77
Lampiran C.7.4 Modulus Elastisitas KT.HDPE 20%	78
Lampiran C.8.1 Persamaan Shape Awal.....	79

BAB I

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau bahan pengisi lainnya, air, dengan semen portland atau semen hidrolis yang lain. Seiring dengan kemajuan teknologi beton di era sekarang ini, inovasi untuk meningkatkan mutu beton menjadi hal yang mutakhir. Kemajuan teknologi beton sebagai bahan utama konstruksi tentu tidak akan pernah terjadi jika tidak ada penelitian-penelitian yang inovatif. Berbagai penelitian pun dilakukan untuk mencari alternatif bahan penyusun beton dengan kualitas yang tidak jauh berbeda.

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Adapun yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

Pada zaman sekarang, pengembangan material di bidang konstruksi difokuskan pada penggunaan limbah-limbah untuk menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi manusia. Indonesia merupakan negara kedua di dunia sebagai penghasil limbah plastik terbanyak ke laut setelah Tiongkok. Sebagian besar dari limbah plastik tersebut merupakan limbah plastik yang berjenis HDPE (*high density polyethylene*). HDPE merupakan plastik yang memiliki ciri-ciri antara lain termoplastis, elastis, tidak tembus air, tidak berbau, sedikit buram dan transparan, tahan benturan dan memiliki daya tahan hingga 135 derajat *Celcius*. plastik HDPE yang memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya. Walaupun

begitu, plastik jenis ini direkomendasikan hanya sekali pakai saja karena pelepasan senyawa antimoni trioksida yang terus meningkat seiring waktu. Pada penelitian ini digunakan jenis plastik (HDPE) merupakan salah satu bahan plastik yang paling banyak digunakan pada aplikasi rumah tangga maupun industri. Dalam penelitian ini cacahan limbah botol plastik high density polyethylene (HDPE) berfungsi sebagai serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton normal. Proses penggunaan limbah high density polyethylene (HDPE) ini diantaranya harus dibersihkan dan diolah (dicacah) terlebih dahulu sehingga menjadi kepingan - kepingan plastik high density polyethylene yang dimensinya berkisar ± 25 mm. diharapkan dengan dimensi tersebut dalam proses pencampurannya dapat bersifat homogen. Oleh karena itu limbah HDPE diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada beton.

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam dalam penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh bahan pengisi limbah HDPE (sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20%) dari berat beton agregat terhadap kuat tekan, Bagaimana modulus elastisitas beton dengan bahan pengisi limbah HDPE dan Bagaimana perbandingan kuat tekan dari beton normal dengan beton yang telah diisi dengan HDPE tersebut.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan pengisi limbah HDPE terhadap kuat tekan beton mutu tinggi, dimana kuat tekan beton mutu tinggi memiliki kuat tekan 40-60 Mpa pada umur beton 28 hari. Memperoleh nilai modulus elastisitas beton berisikan limbah HDPE dengan mengamati perubahan panjang dengan compressometer, dan Mengetahui bagaimana perbandingan kuat tekan dari beton mutu tinggi yang telah diisi dengan HDPE dengan beton normal.

Adapun Ruang lingkup penelitian ini adalah Limbah HDPE sebagai bahan pengisi beton, Melakukan uji kuat tekan beton hasil bahan pengisi HDPE, Menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, Persentase HDPE 0%, 5%, 10%, 15%, 20% pada umur 14 dan 28 dilakukan uji kuat tekannya, kuat tekan direncanakan $f'_c = 45$ Mpa, FAS yang yang digunakan pada penelitian ini 0,35, Metode mix desain pada penelitian ini menggunakan

SNI-03-6468-2000, *Slump test* yang direncanakan 7,5 cm-10 cm, Ukuran potongan HDPE rata-rata berukuran 2cm, Pengujian dilakukan dengan sifat mekanis Kuat Tekan benda uji berdasarkan SNI 03-1974-1990, dan Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Muhammadiyah Aceh, Bathoh, Banda Aceh.

Berdasarkan hasil penelitian pengujian kuat tekan terbesar terdapat pada penambahan HDPE sebanyak 5% pada umur 28 hari yaitu 40,05 MPa. Penambahan HDPE pada beton mutu tinggi cenderung mengalami penurunan kuat tekan dari 28 hari dan 14 hari pada setiap penambahan HDPE. Kekuatan beton yang paling besar terdapat beton tanpa penambahan HDPE 0% pada umur 28 hari yaitu 64,50 MPa. Pada pengamatan pola retak, jenis yang banyak terjadi adalah pola retak *Cone and Split*. Hasil analisa varian menunjukkan bahwa penggunaan HDPE sebagai bahan tambah agregat kasar tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Agar pembahasan yang akan dilakukan lebih terarah dan tidak terlalu luas, tidak menyimpang dari permasalahan yang ada dan mencapai kesimpulan yang tepat, maka pembahasan diutamakan pada penggunaan limbah HDPE sebagai bahan pengisi beton mutu tinggi.

Penelitian ini diharapkan akan bermanfaat bagi Kalangan akademisi terutama Universitas Muhammadiyah Aceh, yaitu dalam hal penelitian dan pengembangan pengetahuan terhadap proses penggunaan HDPE terhadap beton mutu tinggi.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Tinjauan kepustakaan bertujuan untuk membentuk kerangka teori dan sebagai dasar dalam menentukan metode penyelesaian yang berisi tentang teori teori dan rumus yang berhubungan dengan permasalahan yang akan ditinjau. Adapun teori-teori dan rumus-rumus yang akan dipergunakan dalam penulisan ini adalah menyangkut tentang pengaruh penambahan limbah HDPE sebagai bahan pengisi terhadap beton mutu tinggi.

2.1 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

Nugraha dkk (2007) berpendapat Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi mengurangi beban mati. Kelemahannya adalah kegetasannya. Produksi beton mutu tinggi memerlukan pemasok untuk mengoptimalkan 3 aspek yang mempengaruhi kekuatan beton : pasta semen, agregat, dan lekatan semen-agregat. Ini perlu perhatian pada semua aspek produksi, yaitu pemilihan material, mix design, penanganan dan penuangan. Kontrol kualitas adalah bagian yang penting dan memerlukan kerja sama penuh antara pemasok, perencana dan kontraktor.

2.2 Material Penyusun Mutu Beton Tinggi

Material penyusun pada beton mutu tinggi dengan campuran HDPE, dan *Superplasticizer* ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada

umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Berikut karakteristik dari setiap bahan yang akan digunakan.

2.2.1 Semen

SNI 15-7064-2004 berpendapat Semen *Portland Composite*, Adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu :

1. Semen Portland tipe I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen Portland tipe II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen Portland tipe V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen tidak dapat bereaksi tanpa adanya air sebagai pereaksinya. Tjokrodinuljo (2003) berpendapat, Semen dan air termasuk dalam bahan perekat dimana setelah dicampurkan mengalami reaksi kimia menjadi pasta dan dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari menjadi keras.

2.2.2 Agregat

Sukirman (2003) berpendapat, agregat merupakan butir butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Pemeriksaan sifat-sifat fisik ini dapat dilakukan berdasarkan Metode *British Standard* (BS) dari Orchard (1979), dan *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui apakah agregat yang digunakan untuk campuran beton memenuhi syarat agar dapat membentuk beton yang baik. Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat meliputi pemeriksaan analisa saringan (*sieve analysis*), modulus halus butir (*fineness modulus*), berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan (*absorption*), berat volume (*bulk density*).

1. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Tjokrodinuljo (2010) berpendapat, pengukuran ukuran butir agregat didasarkan atas suatu pemeriksaan yang dilakukan dengan alat berupa ayakan dengan ukuran lubang-lubang yang sudah ditentukan.

Berdasarkan tabel pada lampiran B 1.5 halaman 59. dapat diketahui beberapa ukuran standar susunan saringan yang digunakan untuk analisa saringan. Dengan menganalisis susunan butiran agregat yang digunakan, maka dapat diketahui apakah gradasi agregat tersebut dapat digunakan sebagai material pembentuk beton yang baik, yaitu dengan mengetahui letak kurva gradasi agregat tersebut apakah berada di daerah yang disyaratkan sesuai dengan pembagian daerah susunan butiran pada SNI T-15-1990-03) yang diadopsi oleh B.S : Adapun kurva Daerah susunan butiran agregat dapat dilihat pada lampiran B 1.6 halaman 59.

Gradasi yang baik kadang sangat sulit didapatkan langsung dari suatu *quarry*. Dalam praktek, biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang baik antara agregat kasar dengan agregat halus. Dengan menganalisis susunan butiran agregat yang digunakan, maka dapat diketahui gradasi agregat yang dapat digunakan sebagai material pembentuk beton yang baik, yaitu dengan mengetahui letak kurva gradasi agregat tersebut berada di daerah yang disyaratkan sesuai dengan pembagian daerah susunan butiran.

2. Modulus Halus Butir (*Fineness Modulus*)

SNI 03-1750-1990 berpendapat Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Modulus halus butir (FM) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif

dari butiran agregat yang tertinggal diatas ayakan. Selain itu FM (*fineness modulus*) juga dapat untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan kerikil, bila dibuat campuran beton. Modulus halus butir agregat dari campuran pasir dan kerikil untuk bahan pembuat beton berkisar antara 5,0 sampai 6,5.

$$FM = \frac{\text{jumlah \% butiran diatas ayakan 0,15}}{100} \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai *fineness modulus* (FM) untuk campuran agregat halus direncanakan dengan menggunakan rumus estimasi *Japanese Society of Civil Engginering* (Dobukku-Gakkai) yang dikutip oleh Ibnu (2011) diperlihatkan pada Persamaan 2.2.

$$FM_{(fs)}X + FM_{(cs)}(1-X) = FM_{(fa)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$FM_{(fs)}$ = fineness modulus pasir halus (*fine sand*);

$FM_{(cs)}$ = fineness modulus pasir kasar (*coarse sand*);

$FM_{(fa)}$ = fineness modulus agragat halus (*fineness aggregate*);

X = bagian pasir halus;

1-X = bagian pasir kasar

Mulyono (2004) berpendapat, Umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50-3,80 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. Susunan Saringan Menurut Beberapa Standar Beton dapat dilihat pada lampiran B 1.7 halaman 60.

3. Berat Jenis dan Absorsi Agregat

Mulyono (2004) berpendapat, Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan mementukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Troxell (1968) berpendapat yang dikutip oleh Ibnu (2011) menyatakan bahwa kerikil yang baik mempunyai berat jenis antara 2,5-2,8 sedangkan pasir antara 2,0-2,6. Orchard (1979)

berpendapat yang dikutip oleh Ibnu (2011) berat jenis yang baik untuk kerikil antara 2,6-2,7 dan untuk pasir lebih besar dari 2,6.

Berat jenis kerikil Orchard (1979) berpendapat yang dikutip oleh Dewi (2014), diperoleh Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4.

$$Sg(ssd) = \frac{W_s}{W_s - W_w} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Sg(od) = \frac{W_d}{W_s - W_w} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$S_g(ssd)$ = berat jenis kerikil jenuh air kering permukaan (gram);

$S_g(od)$ = berat jenis kerikil kering oven (od);

W_s = berat kerikil air kering permukaan (gram);

W_d = berat kerikil kering oven (gram);

W_w = berat kerikil jenuh air kering permukaan dalam air (gram).

Berat jenis pasir menurut Orchard (1979) yang dikutip oleh Dewi (2014), diperoleh Persamaan 2.5 dan Persamaan 2.6.

$$Sg(ssd) = \frac{W_s}{W_s - W_{csw} + W_{cw'}} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$Sg(od) = \frac{W_d}{W_s - W_{csw} + W_{cw'}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$S_g(ssd)$ = berat jenis kerikil jenuh air kering permukaan (gram);

$S_g(od)$ = berat jenis kerikil kerikil kering oven (od);

W_s = berat kerikil jenuh air kering permukaan (gram);

W_d = berat kerikil kering oven (gram);

$W_{scw'}$ = berat gelas berisi agregat dan air (gram);

$W_{cw''}$ = berat gelas dan air (gram).

Dewi (2014) berpendapat, keadaan jenuh permukaan (SSD) didapat dengan cara memasukkan benda uji yang telah diinginkan (*free-flowing condition*) ke dalam cetakan kerucut pasir terdiri dari tiga lapis masing-masing lapisan dipadatkan dengan alat pemadatan sebanyak 25 kali secara merata. Setelah permukaan diratakan lalu cetakan kerucut diangkat vertikal ke atas.

Absorpsi adalah persentase perbandingan antara berat air yang diserap agregat pada keadaan jenuh air kering permukaan terhadap berat agregat dalam keadaan kering oven.

Persamaan yang digunakan untuk memperoleh nilai absorpsi adalah Persamaan 2.7.

$$W = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- W = absorpsi agregat;
- Ws = berat agregat jenuh air kering permukaan (gram); dan
- Wd = berat agregat kering oven.

4. Berat volume agregat (*bulk desinty*)

Orchard (1979) berpendapat yang dikutip oleh Warmi (2012), menyatakan bahwa berat volume agregat yang baik untuk material beton adalah dengan nilai lebih besar dari 1445 kg/liter. Troxell (1986) berpendapat, menerangkan berat volume kerikil yang baik 1560 kg/liter dan 1400 kg/liter, Berat volume agregat menurut ASTM C.127-93 (Anonim, 2004) dihitung dengan Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9.

$$W_a = W_{ca} - W_c \dots \dots \dots (2.8)$$

$$W_v = \frac{W_a}{V_c} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

- W_v = berat volume (kg/l);
- W_{ca} = berat wadah berisi agregat (kg);
- W_c = berat wadah (kg); dan
- V_c = volume wadah (l)
- W_a = berat agregat (kg)

2.2.3 HDPE (*High-Density Polyethylene*)

Campbell (1996) berpendapat. HDPE (*High density polyethylene*) adalah *polietilena termoplastik* yang terbuat dari minyak bumi. Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang. Pada tahun 2007, volume produksi HDPE mencapai 30 ton. Dalam penelitian ini digunakan limbah *plastik High Density Polyethylene* (HDPE). Polyethylene dihasilkan dari proses polimerisasi molekul-molekul gas *ethylene* secara bersama-sama membentuk rangkaian panjang molekul sampai menjadi bentuk plastik (polimer). Ada 3 jenis *Polyethylene*, yaitu LDPE, MDPE dan HDPE. LDPE dan MDPE dihasilkan dari proses bertekanan tinggi, sedangkan HDPE dihasilkan dengan proses bertekanan rendah.

Polyethylene digolongkan menjadi polietylene tekanan tinggi, tekanan medium dan tekanan rendah oleh tekanan pada polimerisasinya, atau masing-masing menjadi polimer massa jenis rendah (LDPE) dengan massa jenis 0,910-0,926, polyethylene massa jenis medium (MDPE dengan massa jenis 0,926-0,940 dan polyethylene massa jenis tinggi (HDPE) dengan massa jenis 0,941 – 0,965, menurut massa jenisnya, karena sifat-sifatnya erat hubungannya dengan massa jenis (*kristalinitas*). [ilmu dan teknologi bahan Lawrence H. van vlack]. Karakteristik HDPE (*High Density Polyethylene*) dapat dilihat pada lampiran B 1.4 halaman 60.

HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan ataupun minuman yang dikemasnya. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Polietilena berdensitas tinggi (*High density polyethylene*) HDPE adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Pemilihan jenis katalis dalam produksinya (katalis Ziegler-Natta) dan kondisi reaksi. Karena percabangan yang sedikit, HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (1200 C). HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas.

Karakteristik HDPE (*high density polyethylene*) [ilmu dan teknologi bahan Lawrence H. van vlack] (1995), sebagai berikut :

No	Nama	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis	g/cm ³	0.96
2	Kristallinitas	v/o	50
3	Mulai Panas	°C ⁻¹	120x10 ⁻⁶
4	Daya Hantar Panas (watt/m ²)	°C/M	0.52
5	Kekuatan Tarik	Mpa	20-40
6	Modulus Young	Mpa	400-1200
7	Ketahanan Panas Terhadap Pemakaian Terus Menerus	°C ⁻	80-1200
8	Daya Hantar 10 Menit	°C ⁻	120-125
Tabel 2.1 : Karakteristik HDPE (<i>high density polyethylene</i>) Sumber : Ilmu dan teknologi bahan Lawrence H. van vlack (1995)			

Dewi dkk (2016) berpendapat HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan ataupun minuman yang dikemasnya. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Polietilena berdensitas tinggi (High density polyethylene) HDPE adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Pemilihan jenis katalis dalam produksinya (katalis Ziegler-Natta) dan kondisi reaksi. Karena percabangan yang sedikit, HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (1200 C). HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas.

2.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah tersebut dapat dibedakan menjadi beberapa bagian:

1. *Air entraining Agent* (ASTM C260), yaitu bahan tambahan untuk meningkatkan kadar udara, agar beton tahan terhadap pembekuan dan pencucian terutama untuk daerah salju.

2. *Chemical Admixture / Admixture Kimia* (ASTM C49 dan BS 5075) yaitu bahan tambah kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (mempercepat atau memperlambat), mereduksi kebutuhan air dan memudahkan dalam pengerjaan beton.
3. *Mineral admixture* (ASTM), yaitu bahan mineral yang dihaluskan dan ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar mudah dikerjakan dan meningkatkan kekuatan dan keawetan beton.

Pada penelitian ini dipakai bahan tambah *Sika Viscocrete 1003* yang mana produk keluaran PT. Sika Indonesia ini masuk dalam kategori bahan tambah bagian *Chemical Admixture/Admixture Kimia* yang dalam rancangan campuran beton dapat memfasilitasi pengurangan air yang eksterm serta dikembangkan untuk produksi beton aliran tinggi.

4. *Sika Viscocrete 1003*

Sika Viscocrete 1003 merupakan superplastizicer berwarna putih kecoklatan yang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda. Superplastizicer ini cocok digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan waktu transportasi lama dan kelecakan (*workability*) lama. Kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi dan kemudahan mengalir (*flowability*) yang sangat baik. (PT. Sika Indonesia), Data Teknis Sika dapat dilihat pada tabel 2.5.

2.2.5 Air

Mulyono (2003) berpendapat, air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton/mortar.

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betonnya lecah (*workable*). Air yang digunakan untuk campuran beton serta untuk pemeliharaan beton yang telah mengeras harus memenuhi persyaratan air tawar yang bersih, dan tidak mengandung bahan organik, lumpur, minyak,

gula, klorida, asam atau bahan lain yang merusak beton. Air yang digunakan bisa dari berbagai sumber contohnya, air dari sumur, dari danau, maupun air dari sungai. Air laut juga bisa digunakan tapi hanya untuk beton tanpa tulangan karena air laut dapat menyebabkan korosi pada tulangan. Pada penelitian ini air yang digunakan ialah air setempat yang telah memenuhi syarat sehingga tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air. Air yang akan digunakan berasal dari lokasi labolatorium, air tersebut jernih, tidak berbau, dan memenuhi persyaratan sebagai air minum.

2.3 *Mix Desain*

Tjokrodimuljo (1996) berpendapat, Mix Design dapat didefinisikan sebagai proses merancang, memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif agar beton mencapai kualitas yang diisyaratkan. Adapun indikator kualitas beton didasarkan pada mutu, kekuatan, kemudahan pekerjaan, dan nilai ekonomis yang dihasilkan. Banyak metode yang dipakai untuk merancang suatu beton diantaranya metode SNI SNI 7656:2012, metode ACI, metode *road note* dan lain-lain. Pada perancangan *mix design* menggunakan metode SNI 7656:2012.

2.4 Prosedur *Capping*/Kaping

SNI 06-6369-2000 berpendapat, kapping merupakan alas atau penutup yang dibuat dengan ketebalan tidak kurang dari 6 mm. Tujuannya adalah untuk mendapatkan permukaan yang datar di bagian ujung benda uji yang baru dicetak, bila permukaan ujung tidak rata, maka tidak memenuhi persyaratan tegak lurus pada pengujian kuat tekan beton sesuai standar yang berlaku. Pemakaian pasta murni setelah 2-4 jam benda uji dari proses pengecorannya.

2.5 Mutu Adukan Beton

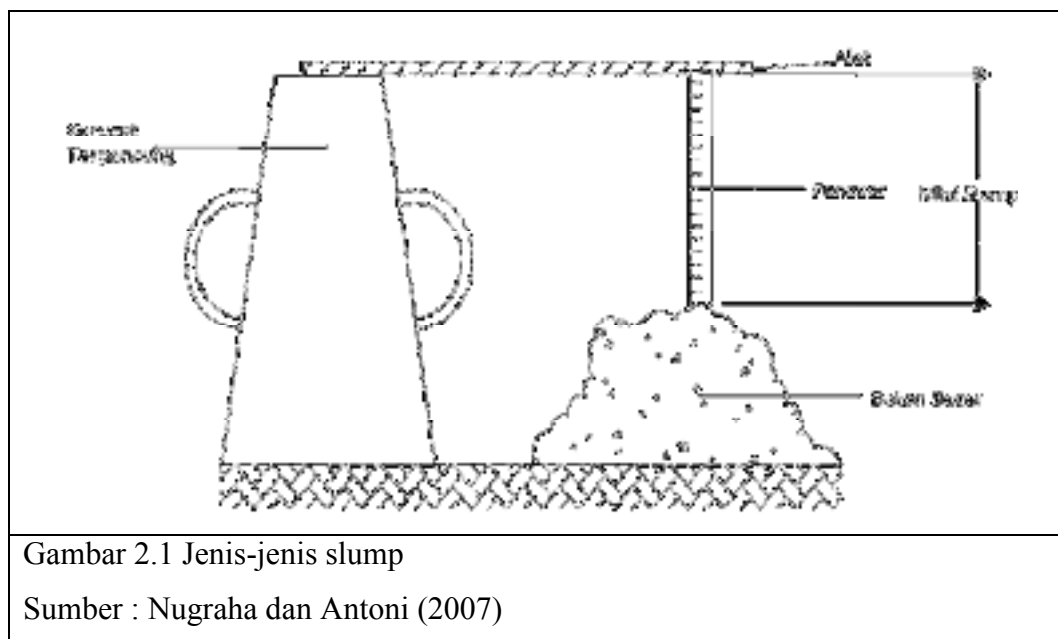
Mutu adukan beton dimaksudkan untuk mengetahui apakah adukan yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang dihasilkan sudah sesuai dengan yang

direncanakan. Mutu adukan (beton muda) ditandai dengan nilai slump yang sesuai dengan perencanaan campuran serta temperature mortar dan temperatur kamar pada saat dilakukan pengadukan beton.

Murdock dan Brook (1991) yang dikutip oleh Ibnu (2011) pemeriksaan slump bertujuan untuk mengukur kekentalan mortar (konsistensi beton). Besarnya nilai slump adalah besarnya penurunan tinggi mortar setelah kerucut diangkat vertikal ke atas. Dalam praktek, ada 3 macam tipe slump yang terjadi yaitu:

- Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- Slump runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

Gambar 2.1 Jenis slump yang mungkin terjadi pada beton muda.



2.6 Kuat Tekan

Mulyono (2003) berpendapat, kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kusumo (2013) berpendapat Kuat

tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Antono (1995) Rumus yang digunakan pada persamaan (2.10) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut

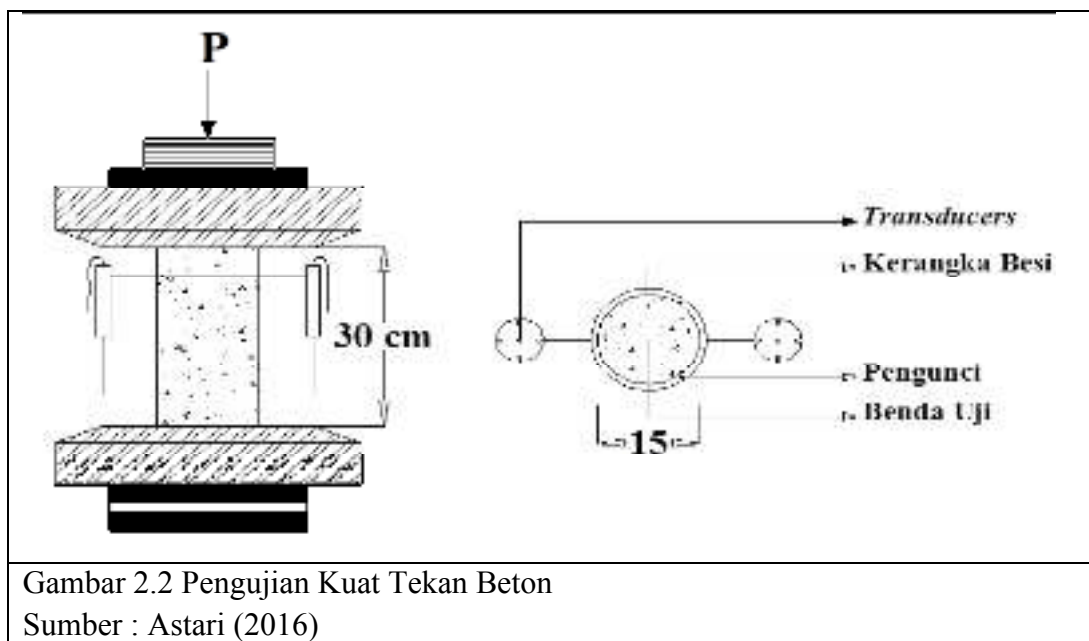
$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

- $f'c$ = kuat tekan silinder beton (kg/cm²);
- P = beban tekan maksimum/hancur (kg);
- A = luas penampang benda uji (cm²).

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (*linier*) sampai 28 hari, tetapi kenaikannya akan kecil. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada lampiran B 1.9 halaman 61.

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (*linier*) sampai 28 hari, tetapi kenaikannya akan kecil.



Apabila dilakukan uji kuat tekan pada benda uji silinder beton dengan panjang dan diameter silinder berbeda dengan standar yang telah ditetapkan yaitu dengan diameter 15cm dan tinggi 30 cm, maka harus dilakukan koreksi nilai kuat tekan, dengan faktor koreksi kuat tekan silinder beton diameter benda uji ($L/D = 2$) berdasarkan SNI 1974:2011 yang tercantum pada lampiran B 1.10 halaman 61.

2.7 *Modulus Elastisitas*

Murdock dan Brook (1986) berpendapat, tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan itu.

Kusumo (2013) berpendapat, Untuk menghitung modulus elastisitas ada beberapa cara yang dapat digunakan, diantaranya dengan menggunakan rumus pada SNI 03-2847-2002.

untuk modulus elastisitas pada beton mutu tinggi, yaitu:

$$E_c = 0,043 w_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{untuk } 1500 < w_c < 2500 \text{ kg/m}^3 \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk modulus elastisitas pada beton normal, yaitu :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

w_c = Berat volume beton (kg/m³)

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

Dalam penelitian ini nilai modulus elastisitas didapat dengan melakukan pengujian langsung di laboratorium dengan mengamati perubahan panjang dengan compressometer. Untuk memperoleh nilai modulus elastisitas beton digunakan perhitungan secara umum yang dapat dituliskan pada persamaan 2-13 dan 2-14 sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$E = \frac{f_c}{\varepsilon} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas beton tekan (MPa)

f_c = tegangan (MPa)

ε = regangan

ΔL = Perubahan Panjang

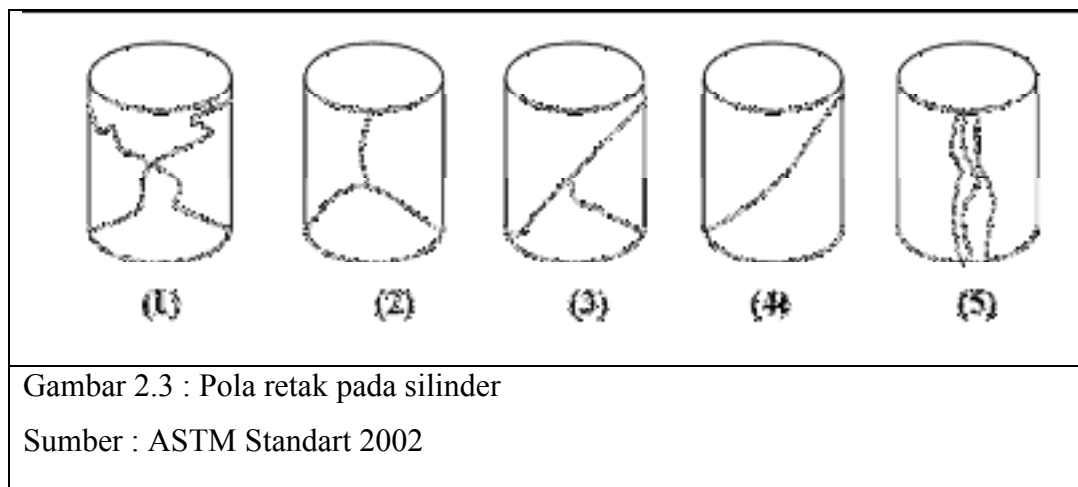
L₀ = Panjang Awal

2.8 Pola Retak

Restian (2008) berpendapat, Retak diakibatkan penurunan yang tidak seragam, susut, beban bertukar arah, perbedaan unsur kimia dan perbedaan suhu. Pada kondisi di lapangan, variasi pola retak berbeda satu dengan lainnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen dan geser. Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Apabila pembebanan diberikan secara terus menerus dapat mengakibatkan retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur.

Berdasarkan ASTM volume 4 Standard 2002, jenis pola retak dapat dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Pola retak kerucut (cone)
2. Pola retak kerucut dan pecah (cone dan split)
3. Pola retak kerucut dan geser (cone dan shear)
4. Pola retak geser (shear)
5. Pola retak columnar



Kelima macam pola retak diatas dapat terjadi dalam satu campuran. Hal ini disebabkan oleh faktor berikut :

1. Tidak homogennya agregat kasar, akibatnya distribusi kekuatan dalam benda uji tidak merata sehingga retakan akan mengikuti titik-titik perlemahannya.
2. Terjadi pemisahan (segregation) material beton selama pembuatan benda uji, material yang berat akan berada dibagian bawah dan yang lebih ringan berada dibagian atas yang mengakibatkan keroposnya beton. Hal ini sangat dipengaruhi keahlian dalam pembuatan benda uji.

2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang pernah dilakukan dan menjadi bagian referensi dalam penelitian ini yaitu :

1. Dian Mega Permata (2008) melakukan penelitian dengan judul “*Pengaruh Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Terhadap Beton*”. Pada penelitian ini memaparkan tentang efektifitas penggunaan cacahan limbah plastic HDPE terhadap peningkatan kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton. Untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik dilakukan pada umur 28 hari.

2. Isnawati (2015) "*Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik (HDPE) Terhadap Kuat Tekan Beton Semen*". Pada beton umur 14 hari dengan Kode BNR-0%/14 20.588 Mpa, TBH-1%/14 19.516 Mpa, TBH3%/14 21.446 Mpa, TBH-5%/14 18.658 Mpa. Diumur 28 hari BNR-0%/28 21.892 Mpa, TBH-1%/28 26.421 Mpa, TBH-3%/28 23.968 Mpa, TBH-5%/28 18.684 Mpa. Adapun hasil peningkatan kuat tekan rata-rata beton masing-masing TBH-1%/14 -5.49%, TBH-1%/28 17.14%, TBH-3%/14 4.00%, TBH-3%/28 8.66%, TBH-5%/14 -10.34%, dan TBH-5%/28 -17.17%. Terhadap Kuat Tekan Beton Normal.
3. Muhammad Nuridho (2017) "*Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Densitas Dan Kuat Tekan Mortar Pada Pembuatan Beton Busa*". Hasil pengujian densitas beton busa umur 28 hari pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dengan nilai yang diperoleh yaitu 1899,306 kg/m³, 1715,278 kg/m³, 1675,347 kg/m³, 1567,708 kg/m³, 1494,792 kg/m³. Hasil pengujian nilai kuat tekan beton busa diperoleh nilai maksimum pada variasi prosentase plastik 0%, 5% dan 10% pada umur perawatan 28 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 11,73 MPa, 9,20 MPa, dan 8,73 MPa masuk dalam kategori beton struktur ringan dengan persyaratan 7MPa-17MPa.
4. Sari Utama Dewi (2017) "*Pengaruh Tambahan Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Mutu K.125*". Penambahan limbah plastik HDPE pada persentase 10 % dan 15 % justru merusak atau menurunkan kualitas beton. Kuat tekan maksimum yang dapat dicapai dari semua komposisi campuran yang digunakan terdapat pada penambahan limbah plastik sebesar 5% pada umur 14 hari dengan nilai kuat tekan 10,06 Mpa dari nilai hasil dibawah kuat tekan rencana yaitu 10,4 Mpa. Penambahan limbah plastik pada persentase 5 % selalu menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada beton normal atau beton tanpa campuran (variasi 0%).
5. Zaenal Muttaqim (2017) "*Pengaruh Variasi Komposisi Antara Limbah Plastik High Density Polyrthylene (HDPE) Dan Abu Dasar Batu Bara*".

Sebagai Material Komposit Dengan Matrik Semen Terhadap Kekuatan Tekan Dan Serapan Air”. Dari hasil pengujian didapatkan pada umur 7 hari kuat tekan sebesar 5,884 N/mm² pada campuran 50%:20%. Dan pada komposit umur 28 hari kuat tekannya sebesar 8,134 N/mm² . Serta serapan air semakin banyak abu dasar batubara yng ditambah semakin sedikit serapan airnya pada campuran 40%:30% serapan air sebesar 16,971%. Dilakukan pengujian tambahan yaitu berat volume mendapat berat rata-rata 1,076 gr/cm³.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian membahas tahapan-proses yang akan dilaksanakan dimana secara garis besar digambarkan dalam bagan alir yang terdapat pada Lampiran A Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Metode pengujian yang digunakan mengikuti prosedur ASTM C.39-86.

3.1 Peralatan dan Pengadaan Material

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar telah tersedia di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian adalah:

3.1.1 Peralatan yang digunakan

Peralatan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, yaitu:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat :
 - a) Wadah (penempatan material yang diuji
 - b) Keranjang kawat
 - c) Gelas *Thawlow*
 - d) Plat kaca (penutupnya)
2. Menghitung berat volume agregat :
 - a) Silinder baja
 - b) Tongkat baja untuk pemadatan (berdiameter 1,6 cm dan panjang 60 cm).
3. Pemeriksaan analisa saringan agregat
 - a) Satu set ayakan saringan menurut standar ASTM dengan ukuran 37,5 – 25,4 – 19,1 – 9,52 – 4,76 – 2,38 – 1,19 – 0,59 – 0,29 dan 0,149 mm
 - b) Oven dengan temperature maksimum 110⁰ C

- c) Timbangan dengan berbagai kapasitas.
- 4. Peralatan untuk pengadukan beton, yaitu
 - a) Ember (penempatan material setelah ditimbang untuk pengecoran)
 - b) Wadah untuk tempat pedomatan beton segar
 - c) Cetakan benda uji silinder (berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm)
 - d) Mesin pengaduk beton (*mollen*)
 - e) *Slump test* (kerucut Abram's Hader)
 - f) Kereta sorong (gerek)
 - g) Sekop semen
 - h) Palu karet
 - i) Plat kaca dan kayu (untuk pengkapangan)
- 5. Alat pengujian kuat tekan beton (*merk* Ton Industri no.2551/90/1970 buatan Manhein Jerman).

Adapun Peralatan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dapat dilihat pada lampiran A 1.4 halaman 45-47.

3.1.2 Pengadaan material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen *Portland* Komposit (PCC) tipe 2 yang diproduksi oleh PT. Solusi Bangun Andalas.
2. Agregat kasar (*coarse aggregate*) agregat kasar diambil dari Indrapuri, Banda Aceh.
3. Agregat halus (*fine aggregate*) agregat halus diambil dari Cot Irie, Aceh Besar.
4. HDPE (*High density polyethylene*) diambil dari kajhu, Aceh Besar. yang diproduksi oleh CV. Myplast Aceh.
5. Air yang digunakan harus sesuai SNI 03-2847-2002 berasal dari sumur PDAM (*Perusahaan Daerah Air Minum*) Tirta Daroy yang terletak di kawasan Kuta Alam,

6. *Sika viscocrete 1003/Superplasticzer*. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah berupa *Sika viscocrete 1003 /Superplasticzer 2%* , untuk mempercepat pengerasan beton, yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. Adapun Material yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada lampiran A 1.5 halaman 49-51

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi pekerjaan persiapan, pemeriksaan material, perencanaan campuran beton (*mix design*), pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian benda uji.

3.2.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pengadaan material yang digunakan, persiapan cetakan, dan peralatan lainnya untuk keperluan penelitian. Persiapan cetakan dan peralatan lainnya sudah tersedia di laboratorium. Cetakan benda uji yang digunakan adalah cetakan silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.

3.2.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

1. Pengukuran berat volume (*bulk density*)

Pengukuran berat bolume (*Bulk Density*) dilaksanakan berdasarkan metode British Standard (BS). Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat volume agregat. Agregat kasar dan agregat halus yang sudah disediakan masing-masing diambil secara acak sebanyak kira-kira 2 kg, kemudian dikeringkan dengan cara dioven pada temperature 105°C selama 24 jam hingga terdapat berat tetap. Agregat yang telah di oven dituangkan sedikit demi sedikit ke tempat yang rata dan dibentuk seperti kerucut, lalu bagi kerucut menjadi tiga bagian yang sama besar. Timbang container kosong yang akan digunakan, agregat yang sudah dibagi dimasukkan ke dalam container yang mempunyai volume 1,552 liter dalam tiga lapisan. Volume dari setiap lapis diusahakan sama besarnya. Pada setiap lapisan ditumbuk dengan tongkat besi yang berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm

sebanyak 25 kali dengan tinggi jatuhnya kurang dari 5 cm. Selanjutnya permukaan diratakan dengan cara menggelindingkan tongkat besi dan ditimbang beratnya. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing jenis agregat.

2. Pengukuran susunan butir agregat (*sieve analysis*)

Pengukuran susunan butir agregat bertujuan sebagai tolak ukur klasifikasi pemeriksaan perencanaan campuran agregat untuk beton. Pengukuran ini dilakukan terhadap kerikil, pasir kasar, pasir halus. Agregat yang digunakan adalah agregat dalam keadaan kering oven dan diambil secara acak masing-masing 2000 gram, 1000 gram dan 500 gram. Saringan yang digunakan buatan pabrik Maruto Testing Machine, Jepang dengan saringan analog sesuai ASTM. Saringan yang digunakan dimulai dengan diameter 31,5 mm; 19,1 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,36 mm; 1,19 mm; 0,59 mm; 0,29 mm dan 0,149 mm.

menggunakan timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji. Pemeriksaan ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing jenis agregat.

3. Pengukuran berat jenis (*specific gravity*)

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan metode penimbangan di luar dan didalam air untuk kerikil sedangkan metode Thawlow digunakan untuk pasir. Peralatan yang digunakan untuk pengukuran ini antara lain adalah timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram, oven, keranjang besi, gelas kaca beserta tutup plat kaca, alat penggantung keranjang, baskom, ember dan cetakan kerucut pasir.

Agregat halus dan agregat kasar yang telah disediakan diambil secara acak masing-masing ± 10 kg kemudian direndam dalam ember selama 24 jam agar jenuh air. Agregat yang dalam keadaan jenuh air tadi ditebarkan ke lantai ditempat yang teduh untuk diangin-anginkan sehingga agregat mencapai keadaan jenuh permukaan (SSD). Keadaan SSD dapat dilihat secara visual dengan ciri perubahan warna agregat agak keputih-putihan, tetapi untuk agregat halus dapat dilihat dengan cara memasukkan agregat ke dalam cetakan kerucut pasir. Agregat dimasukkan secara bertahap dalam tiga lapis, masing-masing lapisan dipadatkan

dengan alat pemadat sebanyak 25 kali. Setelah cetakan diratakan lalu cetakan diangkat ke atas. Agregat dalam keadaan SSD dapat ditandai dengan runtuh/longsornya sebagian agregat

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan cara menimbang gelas beserta tutup plat kaca, kemudian benda uji dalam keadaan SSD dimasukkan ke dalam gelas sebanyak 1/3 gelas dan ditimbang beratnya. Menghilangkan udara yang dikandung benda uji dengan cara memasukkan air sampai penuh dan ditutup dengan plat kaca, selanjutnya dibalik/digoyang-goyang agar udara dalam pasir dapat keluar. Pekerjaan ini dilakukan sampai udara dalam agregat tidak ada lagi yang ditandai oleh hilangnya gelembung dalam air tersebut. Apabila udara sudah bebas dari kandungan udara, maka gelas beserta isinya yaitu agregat, air dan plat kaca ditimbang beratnya. Setelah ditimbang agregat dimasukkan ke dalam baskom lalu ditimbang kembali. Pekerjaan selanjutnya adalah menimbang berat gelas yang berisi air penuh tanpa kandungan udara di dalamnya.

Berat jenis kerikil jenuh air permukaan dapat diukur dengan cara memasukkan sejumlah benda uji ke dalam keranjang kemudian berat kerikil beserta keranjang ditimbang beratnya di udara dan dalam air. Setiap agregat yang sudah diuji harus dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam pada suhu 105°C, kemudian ditimbang beratnya.

4. Pengukuran absorpsi (*absorbtion*)

Absorpsi adalah persentase perbandingan antara berat air yang diserap oleh agregat pada keadaan kering permukaan dengan berat agregat pada kering oven. Proses pemeriksaan dan perhitungan untuk kedua jenis agregat dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing agregat, dan diambil rata-rata dari ketiga hasil perhitungan tersebut.

Adapun pemeriksaan terhadap sifat fisis agregat dapat dilihat pada lampiran A 1.6 halaman 52.

3.2.3 Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Metode perencanaan beton mutu tinggi menggunakan metode SNI-03-6468-2000 . Faktor air semen untuk perencanaan campuran beton ini adalah 0,30. Jumlah air yang dibutuhkan untuk 1 m³ beton didasarkan dengan FAS yang

digunakan. Jumlah agregat yang digunakan berkisar antara 60-70% dari berat volume beton. Persentase *Sika viscocrete 1003/Superplasticizer* yang digunakan adalah 1% dari berat semen. Adapun Perencanaan Campuran Beton (*Mix Desain*) dapat dilihat pada lampiran C 5.1 halaman 69.

3.2.4 Pengadukan Beton

Sebelum pekerjaan pengecoran dimulai, masing-masing material ditimbang banyaknya sesuai dengan perbandingan campuran yang diperoleh dari perencanaan campuran beton (*mix design*). Cetakan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm x 30 cm diolesi dengan oli bekas yang bertujuan untuk memudahkan pembukaan cetakan silinder setelah beton mengeras. Alat pencampuran yang digunakan adalah molen berkapasitas 90 liter/adukan dengan tenaga penggerak dinamo listrik. Sebelum dilakukan pengecoran, molen dan wadah penampung beton dibasahi dengan menggunakan air terlebih dahulu. Hal ini agar beton tidak melekat pada wadah sehingga beton tidak tertinggal.

Pengadukan beton dilakukan dengan memasukkan material pembentuk yaitu batu pecah (*split*), pasir halus, semen, *superplasticizer*, kemudian dilakukan pengadukan selama 5 menit dan air yang telah dicampurkan dengan *accelerator* serta *viscocrete-1003* dimasukkan ke dalam molen, setelah semua material masuk ke dalam molen, dilakukan pengadukan sekitar 10 menit dengan kemiringan sumbu molen sekitar 45°. Adukan beton yang telah tercampur merata, diukur *flowablenya* dengan menggunakan kerucut Abram's sesuai dengan ketentuan ASTM-C 143-78.

Kerucut Abram's berbentuk kerucut terpancung yang terbuat dari logam dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan sebuah plat baja ukuran 45 cm x 45 cm dan sebuah alat pemadat dari besi dengan diameter 16 cm, panjang 60 cm dan salah satu ujungnya dibulatkan. Kekentalan adukan beton diperoleh dengan cara mengukur besar penurunan permukaan kerucut beton yang terbentuk setelah kerucut ditarik vertikal ke atas. Besarnya penurunan permukaan beton ini disebut dengan *flow*.

3.2.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Peralatan pembuatan benda uji yang digunakan adalah cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, mesin molen, tongkat pemadatan dari besi, martil karet, sendok beton, peralatan tes slump, bak penampungan beton muda. Pekerjaan pengecoran dimulai dengan menimbang material sesuai dengan pebandingan campuran yang direncanakan. Cetakan harus diolesi dengan oli terlebih dahulu agar memudahkan pada saat pembukaan. Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin molen. Material pembentuk beton dimasukkan ke dalam mesin secara berturut-turut yaitu agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir kasar dan pasir halus), pasir laut, semen, sedangkan air dimasukkan secara bertahap.

Tabel 3.1 Komposisi Dan Jumlah Pembuatan Benda Uji Beton

Pengujian	Umur	Persentase	Benda Uji	Jumlah
Kuat Tekan	14	0%	BM-HDPE 0%	3
		5%	BM-HDPE 5%	3
		10%	BM-HDPE 10%	3
		15%	BM-HDPE 15%	3
		20%	BM-HDPE 20%	3
	28	0%	BM-HDPE 0%	3
		5%	BM-HDPE 5%	3
		10%	BM-HDPE 10%	3
		15%	BM-HDPE 15%	3
		20%	BM-HDPE 20%	3
Jumlah Total				30

Benda uji dibuat dengan mengisi adukan beton ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Cetakan diisi secara bertahap dengan tiga lapisan, setiap lapisan dipadatkan dengan cara menusukkan tongkat besi dengan ukuran diameter 1,6 cm dan panjang 60 cm sebanyak 25 kali dengan ketinggian ± 30 cm dari permukaan cetakan. Kemudian cetakan dipukul-pukul pada bagian luar dengan palu karet agar adukan lebih padat dan pada bagian permukaan diratakan menggunakan

sendok semen. Setelah beton berumur 4 jam bagian permukaan atasnya diberi capping atau pasta semen dengan faktor air semen 0,30. Cetakan dibuka setelah berumur 24 jam dan masing-masing benda uji diberi nama dan tanggal pembuatan serta tanggal pengujian. Selanjutnya benda uji direndam dalam bak perendaman.

Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman $\pm$ 24 jam sebelum pengujian kuat tekan dengan tujuan untuk dibersihkan dan dikeringkan permukaannya dari air. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 14, dan 28 hari. Adapun Pembuatan dan Perawatan Benda uji dapat dilihat pada lampiran A.1.6 halaman 52 dan A.1.7 halaman 55.

3.2.6 Pengujian kuat tekan silinder beton

Metode yang digunakan untuk pengujian kuat tekan silinder adalah metode ASTM C.39-86. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji pembebanan merk Ton Industri No.2551/90/1997 bantuan Manhein Jerman. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan ukuran benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum pengujian masing-masing beton diukur diameter dan tingginya menggunakan jangka sorong, serta dihitung beratnya menggunakan timbangan. Kemudian benda uji yang akan diuji diletakkan pada mesin tekan secara rata dan harus ditengah-tengah. Mesin kuat tekan dijalankan dengan pembebanan yang konstan, Pembebanan dilakukan sampai benda uji hampir hancur dengan cara melihat jarum jam batas tekanan beton yang bergerak sampai batas maksimum (tidak bergerak lagi) dan dicatat. Adapun pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada lampiran A.1.8 halaman 56.

3.2.7 Pengamatan pola retak

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada benda uji silinder, pola retak yang terjadi pada benda uji diamati. Pola retak dari benda uji yang telah diuji diamati.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan hasil penelitian, pengolahan data dan pembahasannya yang meliputi pemeriksaan sifat-sifat fisis material, komposisi campuran beton, sifat mekanis yang terdiri dari kuat tarik belah dan kuat tarik lentur. Bab ini juga akan membahas hubungan antara kuat tarik belah dan kuat tarik lentur terhadap kuat tekan beton mutu tinggi.

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat fisis agregat dilakukan untuk mengetahui berat jenis, absorpsi, berat volume, dan *fineness modulus*. Hasil pemeriksaan ini menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi syarat sebagai material campuran beton.

4.1.1 Hasil pemeriksaan berat volume agregat

Perhitungan berat volume agregat dapat dilihat pada Lampiran C.2.1 dan Lampiran C.2.2 halaman 65. Perhitungan berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap jenis agregat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Berat Volume Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg/L)	Berat Volume (Kg/L)
		Penelitian	Teori
1	Split (1-2)	2.298	> 1,445
2	Pasir Kasar	1.796	

Berdasarkan hasil pemeriksaaan agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton sebagaimana yang disarankan oleh Orchard (1979), berat volume agregat yang baik yaitu lebih besar dari 1,445 kg/l. Namun pada pasir *pozzolan* nilai yang diperoleh tidak memenuhi yang disyaratkan.

4.1.2 Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat

Perhitungan berat jenis dan absorpsi agregat dapat dilihat pada Lampiran C.3.1 dan Lampiran C.3.2 halaman 66. Hasil perhitungan berat jenis dan absorpsi rata-rata yang diperoleh untuk setiap agregat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Jenis		
		SG (ssd)	SG (od)	Teori Troxell
1	Split (1-2)	2.773	2.731	2,5 - 2,8
2	Pasir Kasar	4.897	4.761	2,0 - 2,6

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini sudah memenuhi syarat-syarat sebagai material pembentuk beton sebagaimana yang disarankan oleh Troxell (1968), yaitu untuk berat jenis agregat kasar antara 2,5-2,8 dan untuk agregat halus berat jenisnya antara 2,0-2,6.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat

No	Jenis Agregat	Absorpsi (%)	Teori Troxell
1	Split (1-2)	1.550	2,5 - 2,8
2	Pasir Kasar	2.863	2,0 - 2,6

Berdasarkan hasil pemeriksaan absorpsi agregat yang diperlihatkan pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini tidak memenuhi syarat-syarat yang disarankan oleh Troxell (1968), yaitu untuk agregat kasar nilai absorpsinya sebesar 0,5-1% sedangkan yang diperoleh pada pemeriksaan ini nilai absorpsinya melebihi dari syarat yang disarankan yaitu sebesar 1,550%. Untuk pasir kasar dan halus biasa pada penelitian ini diperoleh nilai absorpsinya sebesar 2,863%

4.1.3 Hasil pemeriksaan susunan butiran agregat (*sieve analysis*)

Hasil yang diperoleh dari susunan butiran agregat (*sieve analysis*) merupakan data yang akan digunakan untuk melihat susunan butiran pada campuran beton. Perhitungan susunan butiran dapat dilihat pada Lampiran C.1.1 dan Lampiran C.1.2 halaman 63. Nilai *fineness modulus* agregat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Nilai *Fineness Modulus* Agregat

No.	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus</i> (FM)	Batas Ijin ASTM C-33
		Hasil Lab	
1	Split Ø 19,1 mm	6,89	5,5-8,0
2	Pasir Kasar	3,78	2,3-4,1

4.2 Hasil Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan campuran beton (*mix design*) dapat dilihat pada Lampiran C.5.1 halaman 69. Metode perhitungan campuran beton dengan menggunakan metode SNI 7656 : 2012 dengan FAS 0,35. Agregat maksimum direncanakan 19,1 mm, nilai *slump* rencana 75-100 mm dan semen yang digunakan yaitu semen PCC produksi PT. Andalas. Hasil perhitungan campuran beton untuk 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Perencanaan Campuran Beton 1 m³ Adukan Beron dengan FAS 0,35

Material	Berat Material	Satuan
Air	31,31	kg
Semen	89,48	kg
Kerikil (CA)	107,05	kg
Pasir Kasar (CS)	130,84	kg
NN (1% dari berat semen)	0,894	Kg
Total Material	359,60	Kg

4.3 Hasil Pengujian *Slump Test*

Nilai *slump* adalah besarnya penurunan permukaan mortar. Dari hasil pengujian diperoleh nilai *slump* yang menggunakan air es lebih tinggi dibandingkan dengan air normal sebagai bahan pereaksi *sika grout*. Hasil pengukuran atau pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Slump* Berdasarkan Penggunaan Kondisi Air yang Berbeda.

No	Benda Uji	Tinggi <i>Slump</i> (cm)	
		Penelitian	Teori
1	BN	8,9	> 2,0
2	HDPE 5%	8,4	
3	HDPE 10%	8,0	
4	HDPE 15%	7,7	
5	HDPE 20%	7,6	

4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

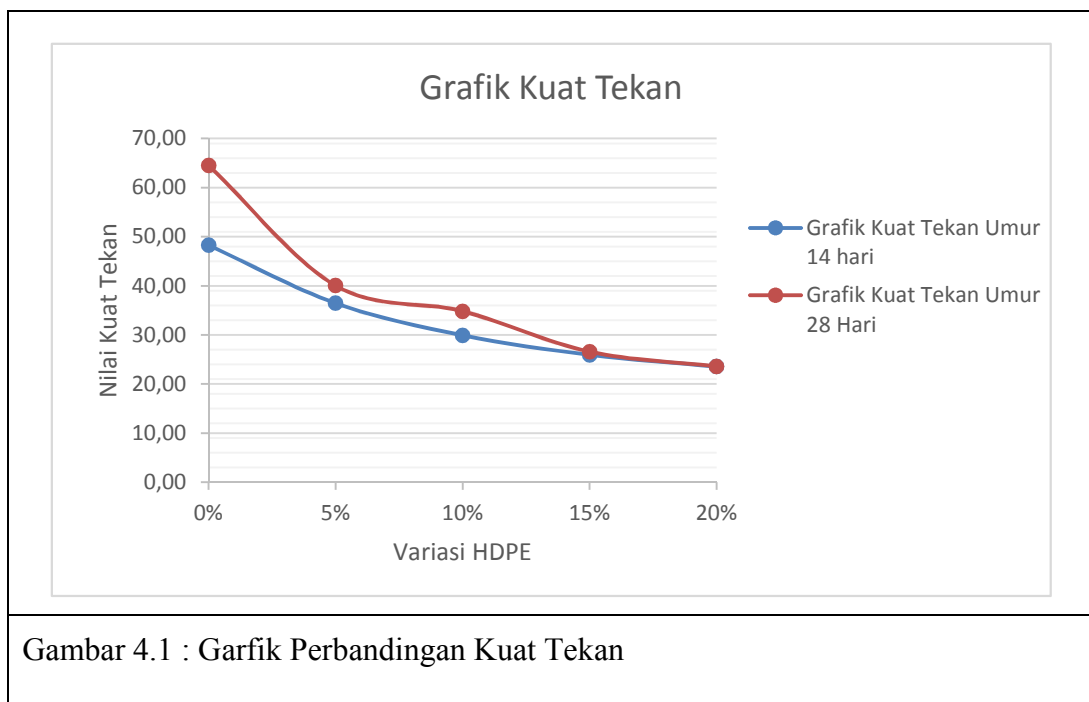
Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 14 hari dan 28 hari. Benda uji ditimbang terlebih dahulu sebelum diuji, hasil penimbangan berat benda uji silinder ini dapat dilihat pada Lampiran C.6.1 halaman 71. Analisis data statistik data hasil pengujian kuat tekan beton. Hasil Perhitungan statistik kuat tekan rata-rata beton dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Hasil Kuat Tekan Beton.

Umur Beton	Variasi Kuat Tekan (Mpa)				
	BN	HDPE 5%	HDPE 10%	HDPE 15%	HDPE 20%
14 Hari	49,01	36,13	30,76	26,37	23,55
28 Hari	61,12	39,43	34,25	25,84	23,51

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi, terjadi penurunan kuat tekan pada beton campuran terhadap beton normal.

Pengujian kuat tekan dengan campuran HDPE 20% mempunyai nilai paling rendah jika dibandingkan dengan campuran lainnya. Grafik perbandingan kuat tekan beton normal terhadap kuat tekan beton menggunakan HDPE dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Hasil pengujian kuat tekan juga dapat dilihat pada Gambar 4.1 dimana dalam gambar menunjukkan bahwa adanya penurunan kuat tekan yang disebabkan HDPE. Sebelum melakukan pengecoran, sebaiknya pada beton substitusi pastanya harus lebih banyak dibandingkan HDPE. Supaya kuat tekannya tidak menurun dari beton normal. Adapun hasil perbandingan HDPE 0%, 5%, 10%, 15%, 20% pada umur 14 dan 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan HDPE 0 s/d 20% Pada Umur 14 Hari

Persentase Benda Uji Umur 14 Hari	F'C (Mpa)	Selisih Kuat Tekan {Mpa}
KT. BN (NORMAL)	49.01	0.00
KT. HDPE 5%	36.13	-12.88
KT. HDPE 10%	30.76	-18.25
KT. HDPE 15%	26.37	m-22.64
KT. HDPE 20%	23.55	-25.46

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan HDPE 0 s/d 20% Pada Umur 28 Hari

Persentase Benda Uji Umur 14 Hari	F'C (Mpa)	Selisih Kuat Tekan {Mpa}
KT. BN (NORMAL)	49.01	0.00
KT. HDPE 5%	36.13	-12.88
KT. HDPE 10%	30.76	-18.25
KT. HDPE 15%	26.37	-22.64
KT. HDPE 20%	23.55	-25.46

Berdasarkan hasil perbandingan kuat tekan pada umur beton 14 hari mengalami penurunan yang sangat besar pada HDPE 20% dimana kuat tekan mengalami penurunan dari beton normal sebesar -25,46 Mpa dan pada umur beton 28 hari mengalami penurunan yang sama yaitu pada HDPE 20% dimana kuat tekan mengalami penurunan dari beton normal sebesar -25,46 Mpa.

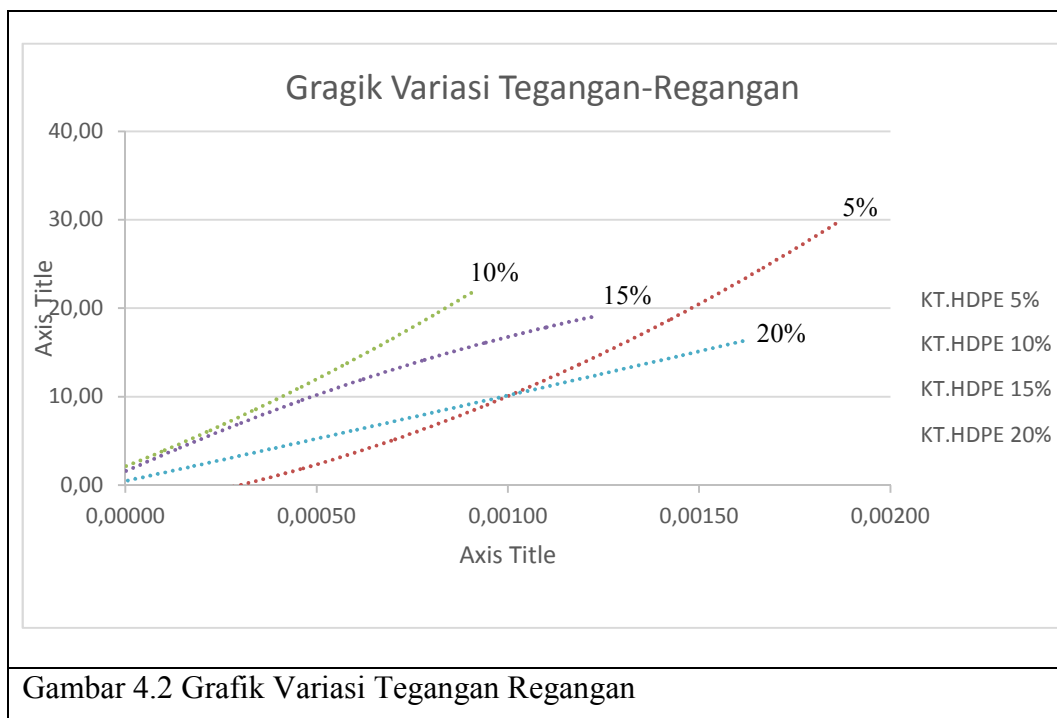
4.5 Hubungan Tegangan-Regangan Mortar Mutu Tinggi Non Susut yang Dipercepat pada Umur 28 Hari dan Modulus Elastisitasnya

Hasil pengujian kuat tekan benda uji pada umur mortar 28 hari menghasilkan data tegangan-regangan dalam bentuk grafik. Berdasarkan data regangan aksial pada setiap penambahan beban yang mengukur perpindahan benda uji dan data beban maksimum yang diperoleh, dibuat grafik hubungan tegangan-regangan dengan cara menghitung tegangan-regangan setiap interval pada setiap beban 1 ton dan disesuaikan dengan pemberian beban sampai benda uji hancur.

Hasil perhitungan tegangan-regangan mortar mutu tinggi non susut umur 28 hari dan grafiknya diperlihatkan pada Lampiran C 7.1–C 7.4 halaman 73. Hasil perhitungan modulus elastisitas diperlihatkan pada Tabel 4.8. Rekapitulasi hasil perhitungan tegangan-regangan mortar mutu tinggi yang dipercepat umur 28 hari disajikan dalam bentuk grafik dan diperlihatkan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

Benda Uji	Tegangan 40% Mpa	Regangan	Modulus Elastisitas
KT. BN (NORMAL)	28.61	0.00090	32542.57
KT. HDPE 5%	27.39	0.00186	14551.91
KT. HDPE 10%	22.87	0.00091	25289.32
KT. HDPE 15%	19.19	0.00123	15374.93
KT. HDPE 20%	15.98	0.00163	9456.29



Grafik 4.2 Variasi Tegangan Regangan Persentase 5% s/d 20%

Tabel 4.11 Persamaan Regresi Polinomial

Kode Benda Uji	Umur	Persamaan Regresi Polinomial	
	Hari	$y=$	$R=$
KT.HDPE 5%	28	$-3E+04x^2 + 17169x - 5.1017$	0,978
KT.HDPE 10%	28	$-4E+02x^2 + 23574x + 1.289$	0,988

KT.HDPE 15%	28	$-3E+06x^2 + 17446x + 1.9286$	0,997
KT.HDPE 20%	28	$-1E+06x^2 + 11689x + 0.0072$	0,993

Berdasarkan hasil grafik tegangan regangan untuk persentase HDPE 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% menunjukkan bahwa semakin besar persentase HDPE semakin kecil Tegangan Regangan yang ditimbulkan disebabkan HDPE tidak meningkatkan mutu beton.

4.6 Pola Retak

Pola retak yang terjadi yang terjaud untuk setiap benda uji dapat dilihat pada

Peng ujia n	Pola Retak Beton				
	BN	HDPE 5%	HDPE 10%	HDPE 15%	HDPE 20%
01	 <i>Columnar</i>	 <i>Cone and Shear</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Cone and Split</i>
02	 <i>Columnar</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Cone and Shear</i>

Gambar 4.3 dan 4.4.

03	 <i>Shear</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Cone and Shear</i>	 <i>Columnar</i>
----	---	---	--	---	--

Gambar 4.3 Jenis-jenis pola retak pada umur 14 hari

Peng ujian	Pola Retak Beton				
	BN	HDPE 5%	HDPE 10%	HDPE 15%	HDPE 20%
01	 <i>Cone</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Cone and Shear</i>	 <i>Cone</i>
02	 <i>Columnar</i>	 <i>Columnar</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Shear</i>	 <i>Shear</i>
03	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Cone and Split</i>	 <i>Columnar</i>	 <i>Cone and Split</i>

Gambar 4.4 Jenis-jenis pola retak pada umur 28 hari

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah didapat dari penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan. Saran juga diberikan agar menjadi rujukan kepada peneliti selanjutnya dalam mengembangkan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan HDPE pada substitusi agregat kasar sampai sejumlah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% tidak berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton, dibandingkan dengan kuat tekan tanpa penambahan HDPE.
2. Penambahan HDPE pada beton dapat dilihat bahwa untuk persentase yang sedikit yaitu 5% memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.
3. Modulus Elastisitas beton yang dihitung berdasarkan persamaan dan kemiringan kurva tegangan-regangan mengalami penurunan. Penurunan modulus elastisitas dengan penambahan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.
4. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pola retak yang terjadi yaitu pada umur 14 hari *Columnar, Cone and Split, Cone and Shear, Shear* dan pada umur 28 hari *Columnar, Cone and Split, Cone and Shear, Shear, cone*.
5. Hasil analisa data menunjukkan perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang telah diisi HDPE sangat berpengaruh terhadap variasi persentase kuat tekan karena hasil didapatkan bahwa beton Normal > HDPE.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu teknologi beton dan dapat diterapkan di lapangan. Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan oleh peneliti-peneliti selanjutnya dengan memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

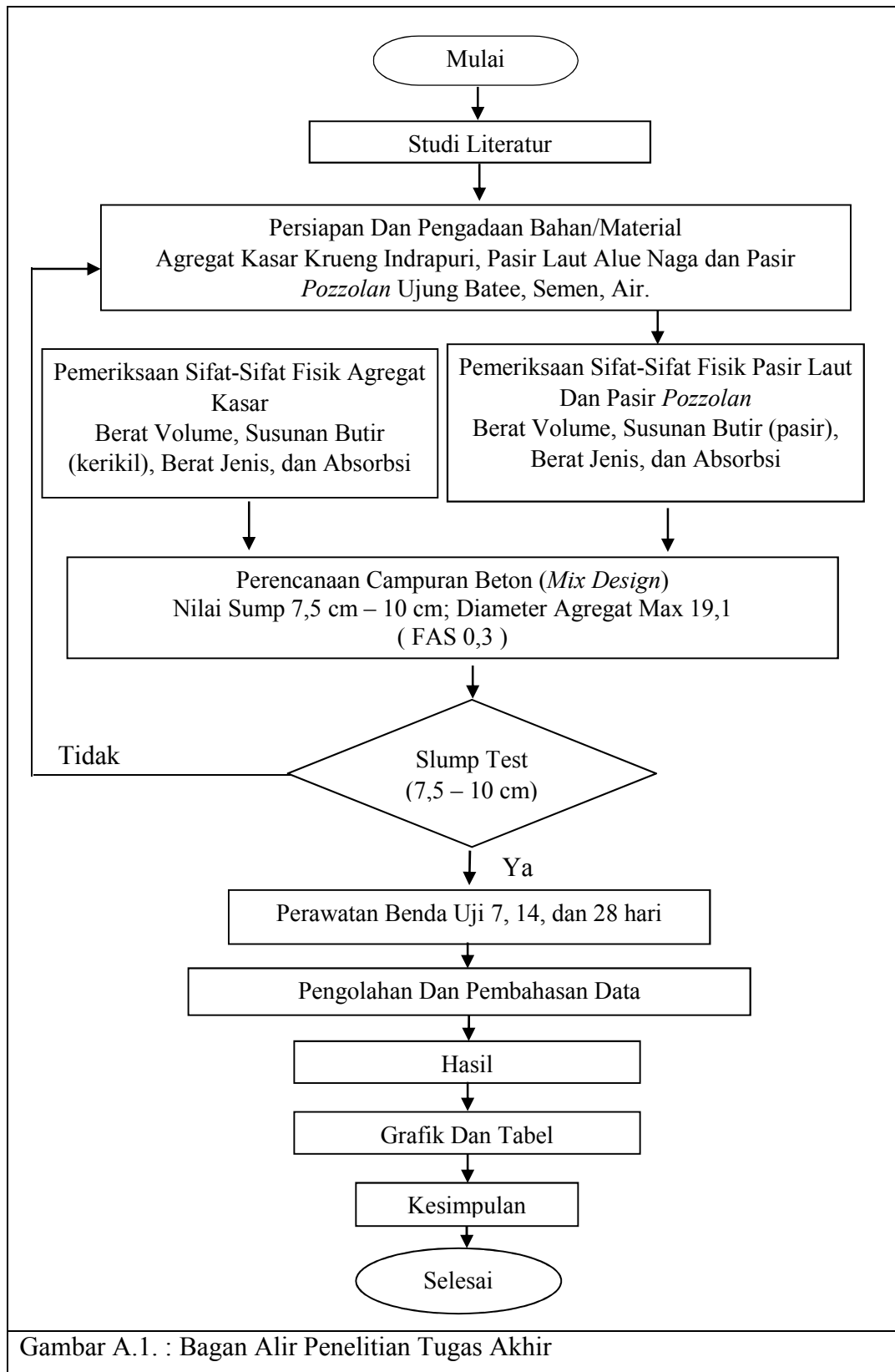
1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penambahan sebagian agregat dengan bahan lain selain HDPE yang dapat meningkatkan kuat tekan beton.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan masa umur beton sampai dengan 56 hari agar dapat dilihat hasil yang lebih maksimal.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan pada kuat tekan beton mutu yang berbeda untuk membandingkan kekuatan dengan beton pada penelitian ini.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- American Society for Testing and Material.. 1981, "*Concrete And Mineral Agregates*", USA : Annual Books of ASTM Standards.
- American Society for Testing and Material. C 39. 2002, "*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Spesimens*", USA : Annual Books of ASTM Standards.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002 SNI 03-1974-1990 "*Metode Penguian Kuat Tekan Beton*", Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002 SNI 03-6468-2000 "*Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi*", Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002 SNI 03-2847-2002 "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*", Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Strandarisasi Nasional, 2004 SNI 15-7064.2004 "*Semen Portland Komposit*", Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011 SNI 1974-2011 "*Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uj Slinder*", Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2012. SNI 1726-2012, "*Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa, Badan Standarisasi Nasional Indonesia*". Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2012. SNI 1726-2012, "*Tata Cara Pembuatan Kaping Untuk Benda Uji Silinder, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum*". Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Campbell, P. D.Q, (1996). "*Plastic Component Design*", New York: Industrial Press Inc.

- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. SNI-03-1974-1990. "*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*", Bagian 3 Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Jakarta.
- Dian Mega Permata. 2008. "*Pengaruh Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Terhadap Beton*". Universitas Muhammadiyah Jember.
- Isnawati. 2015. "*Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik (HDPE) Terhadap Kuat Tekan Beton Semen*". Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Kusumo, L.A.D., 2013. "*Pengaruh Penambahan Serat Baja Loka (Kawat Bendrat) Pada Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete)*". Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Murdock L.J. Brook K.M.1986. "*Bahan dan Praktek Beton*". Jakarta : Erlangga.
- Mulyono, Tri, 2003. "*Teknologi Beton*", Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- Muhammad Nuridho 2017. "*Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Densitas Dan Kuat Tekan Mortar Pada Pembuatan Beton Busa*". Universitas Muhammadiyah Malang.
- Orchard, D.F. 1979. "*Concrete Technology Applied Science*", Vol. 1. London: Applied Science.
- Sari Utama Dewi. 2017. "*Pengaruh Tambahan Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene)*". Universitas Muhammadiyah Metro.
- Tjokrodinuljo, 2004. "*Teknologi Beton*". Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Zaenal Muttaqim. 2017. "*Pengaruh Variasi Komposisi Antara Limbah Plastik High Density Polyethylene (HDPE) Dan Abu Dasar Batu Bara Sebagai Material Komposit Dengan Matrik Semen Terhadap Kekuatan Tekan Dan Serapan Air*". Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Lampiran A





Gambar A.2 : Peta Provinsi Aceh

Sumber : Bappeda Kota Banda Aceh (2020)





Gambar A.4 : Wadah

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.1 : Saringan

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.2 : Gelas *Thaulow's*

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.3 : Oven

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.4 : Alat Timbangan

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.5 : Timbangan

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.6 : Mollen

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.7 : Mesin Uji Kuat Tekan

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.8 : Cetakan Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.4.9 : Agregat

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.5.1 : Semen

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.5.2 : Proses Pengeringan Pasir

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.5.3 : *superplasticizer*

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6 : Proses Pengeringan HDPE

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6.1 : Pemeriksaan sifat fisis agregat sudah ditimbang

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6.2 : Proses Pengecoran Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6.3 : Proses Penumbukan Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6.4 :Proses Pengecoran Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.6.5 : *Capping* Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.7 : Pembukaan Cetakan

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.7.1 : Perawatan Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.8 : Pengukuran Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.8.1 : Timbang Benda Uji

Sumber : Penelitian (2020)



Gambar A.8.2 : Pengujian Kuat tekan

Sumber : Penelitian (2020)

Lampiran B

Lampiran B.1 Tabel Kutipan untuk Menentukan Komposisi Campuran Beton (1/2)

Tabel B.1.1 Perkiraan Berat Air dan Kandungan Udara untuk Beberapa Slump dan Diameter Agregat Maksimum yang berbeda

Slump (mm)	Air (kg/m ³ beton) Untuk Ukuran Maksimum Agregat (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	70	150
	Beton Tanpa Bahan Pemasuk Udara							
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	133
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	140
150 to 175	243	228	216	202	178	178	160	-
Perkiraan Jumlah Udara Yang Terperangkap di dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Sumber : ACI Standard 211.1-91

Tabel B.1.2 Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Volume Dari Agregat Kasar Kering Oven per Satuan Volume			
	Beton Untuk Derajat Kehalusan Pasir Yang Berbeda			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,81	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : ACI Standard 211.1-91

Tabel B.1.3 Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Maximum size of aggregate (mm)	Perkiraan Awal Berat Beton, kg/m ³	
	Beton Tanpa Bahan Pemasuk Udara	Beton Dengan Bahan Pemasuk Udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
70	2490	2405
150	2530	2435

Sumber : ACI Standard 211.1-91

Tabel B.1.4 Karakteristik HDPE (*High Density Polyethylene*)

<i>Karakteristik</i>	<i>Unit</i>	<i>Nilai</i>
<i>Berat Jenis</i>	<i>g/cm²</i>	<i>0,96</i>
<i>Kristalinitas</i>	<i>v/co</i>	<i>-50</i>
<i>Mulai Panas</i>	<i>°C⁻¹</i>	<i>120x10⁶</i>
<i>Daya Hantar Panas</i>	<i>(waat/m²) (°C/M)</i>	<i>0,52</i>
<i>Kekuatan Tarik</i>	<i>MPa</i>	<i>20-40</i>
<i>Modulus Young</i>	<i>MPa</i>	<i>400-1200</i>
<i>Ketahanan panas terhadap pemakaian terus menerus</i>	<i>°C</i>	<i>80-120</i>
<i>Daya hantar 10 menit</i>	<i>°C</i>	<i>120-125</i>

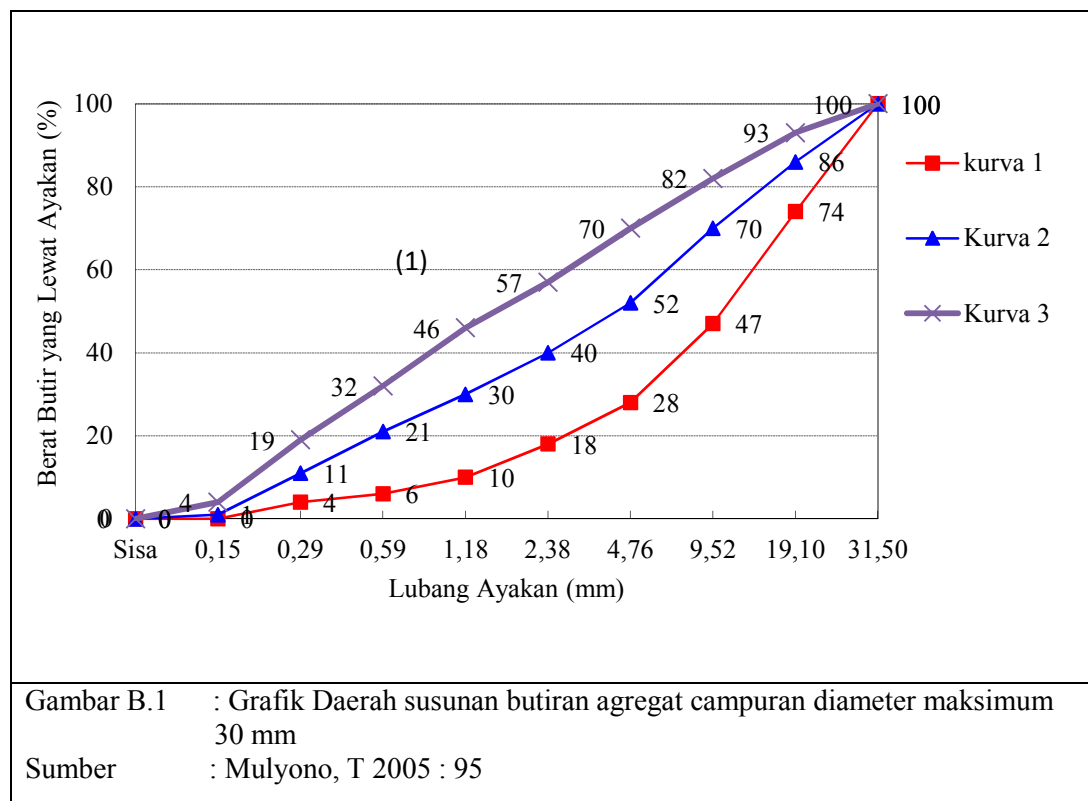
Sumber: Lawrence H. van vlack (teknologi bahan)

Tabel B.1.5 Daerah Susunan Butiran Agregat

Lubang ayakan (mm)	kurva 1	kurva 2	kurva 3
40	100	100,0	100
20	74	86,0	93
10	47	70,0	82
4,8	28	52,0	70
2,4	18	40,0	57
1,2	10	30,0	46
0,6	6	21,0	32
0,3	4	11,0	19
0,15	0	1,0	4
Sisa	0	0,0	0

Sumber: Orchard (1979)

Tabel B 1.6 Daerah batasan Gradasi *British Standard*



- 1 = Daerah tidak baik, diperlukan terlalu banyak semen dan air.
- 2 = Daerah baik, tetapi diperlukan lebih banyak semen dan air dibandingkan dengan (3).
- 3 = Daerah baik sekali.
- 4 = Daerah tidak baik untuk susunan diskontinu.

Tabel B 1.7 Susunan Saringan Menurut Beberapa Standar Beton

No	Standar			
	ISO (mm)	ASTM (mm)	BS (mm)	DIN (mm)
1	128	152	150	-
2	64	76	75	63
3	32	38	37,5	31,5
4	16	19	20	16
5	8	9,6	10	8
6	4	4,8	5	4
7	2	2,4	2,36	2
8	1	1,2	1,18	1
9	0,5	0,6	0,6	0,5
10	0,25	0,3	0,3	0,25
11	0,125	0,15	0,15	-
12	0,062	0,075	0,075	-

Sumber : Mulyono (2005:83)

Tabel B.1.8 Data Teknis Sika *Viscocrete* 1003

Parameter	Sika <i>Viscocrete</i> 1003
Pengertian	Cairan untuk produksi beton dengan aliran tinggi dengan pengecualian sifat aliran dan signifikan dalam pengurangan cairan air.
Warna	Kuning kunyit
Bentuk	Cairan
Berat jenis	1,065 ± 0,01 kg/ltr
Dosis	0,2% - 0,6%
Karakteristik	• Dapat memfasilitasi pengurangan air yang ekstrim; • Bagus dalam kemampuan aliran; • Optimal dalam penyatuan/ kohesi Kuat dalam sifat memadat dengan sendirinya.

Tabel B 1.9 Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Beton

Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber: (Kusumo, 2013)

Tabel B.1.10 Nilai faktor Koreksi dari Berbagai Ukuran Benda Uji Silinder Beton

Diameter (D) Mm	Panjang (L) mm	Faktor koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1.00
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93
300	600	0.91

Sumber : SNI 1974:2011

LAMPIRAN C

Lampiran C.1. Perhitungan Susunan Agregat (*sieve analysis*)

Tabel C.1.1 Kerikil (*coarse aggregate*)

Sieve Size	Retained On Sieve						Average Percentage Retained On
	A		B		C		
	Weight	Percent	Weight	Percent	Weight	Percent	
(mm)	(gram)	(%)	(gram)	(%)	(gram)	(%)	
1	2	3	4	5	6	7	8
31.5	-	0	-	0	-	0	0
19.1	22.50	1.13	0.00	0.00	26.30	1.31	0.81
9.52	1729.20	86.61	1767.30	88.34	1765.20	88.22	87.72
4.76	242.80	12.16	225.60	11.28	202.90	10.14	11.19
2.38	2.10	0.11	7.60	0.38	6.40	0.32	0.27
1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sisa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	1996.6	100	2000.5	100	2000.8	100	100

Tabel C.1.2 Pasir (*coarse sand*)

Sieve Size	Retained On Sieve						Average Percentage Retained On
	A		B		C		
	Weight	Percent	Weight	Percent	Weight	Percent	
(mm)	(gram)	(%)	(gram)	(%)	(gram)	(%)	
1	2	3	4	5	6	7	8
31.5	-	0	-	0	-	0	0.000
19.1	-	0	-	0	-	0	0.000
9.52	-	0	-	0	-	0	0.000
4.76	240.2	24.0	264.1	26.4	143.7	14.4	21.590
2.38	216.3	21.6	186.2	18.6	182.8	18.3	19.501
1.2	188.6	18.8	163.9	16.4	189.9	19.0	18.071
0.6	143.2	14.3	132.6	13.3	183.6	18.4	15.306
0.3	113.7	11.4	126.9	12.7	159.5	15.9	13.331
0.15	61.5	6.1	83.1	8.3	92.1	9.2	7.887
sisa	37.3	3.7	43.5	4.3	48.7	4.9	4.315
Total	1000.8	100	1000.3	100	1000.3	95.13146	100

Tabel C.1.3 Modulus Halus Butir (*fineness modulus*) *Split 1-2*

Sieve size	Individual/retained on (%)	Commulative	
		Passing of (%)	Retained on (%)
31.5	0	100.00	0.00
19	0.81	99.19	0.81
9.5	87.72	11.46	88.54
4.75	11.19	0.27	99.73
2.36	0.27	0.00	100.00
1.18	0.00	0.00	100.00
0.6	0.00	0.00	100.00
0.3	0.00	0.00	100.00
0.15	0.00	0.00	100.00
Sisa	0.00	0.00	100.00
Total	100.00	210.92	689.08
FM _{CA}			6.89

Tabel C.1.4 Modulus Halus Butir (*fineness modulus*) *Coarse sand*

Sieve size	Individual/retained on (%)	Commulative	
		Passing of (%)	Retained on (%)
31.5	0.00	100.00	0.00
19.1	0.00	100.00	0.00
9.52	0.00	100.00	0.00
4.76	21.59	78.41	21.59
2.38	19.50	58.91	41.09
1.2	18.07	40.84	59.16
0.6	15.31	25.53	74.47
0.3	13.33	12.20	87.80
0.15	7.89	4.31	95.69
Sisa	4.31	0.00	100.00
Total	100.00	520.21	379.8
FM _{CS}			3.80

Lampiran C.2 Perhitungan Berat Volume

Tabel C.2.1 Berat Volume *coarse aggregate*

No. Urut	Sampling No.	WEIGHT			Volume Of Container (l)	Bulk Density (Kg/l)
		Container (Kg)	Container +Aggregate (Kg)	Aggregate (Kg)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	A	8.39	11.980	3.590	1.552	2.313
2	B	8.39	11.908	3.518	1.552	2.267
3	C	8.39	11.980	3.590	1.552	2.313
RATA-RATA						2.298

Tabel C.2.2 Berat Volume *coarse sand*

No. Urut	Sampling No.	WEIGHT			Volume Of Container (l)	Bulk Density (Kg/l)
		Container (Kg)	Container +Aggregate (Kg)	Aggregate (Kg)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	A	8.39	11.170	2.780	1.552	1.791
2	B	8.39	11.170	2.780	1.552	1.791
3	C	8.39	11.190	2.800	1.552	1.804
RATA-RATA						1.796

Lampiran C.3 Perhitungan Berat Jenis dan Absorsi

Tabel C.3.1 Berat Jenis dan Absorsi Kerikil

No Urut	WEIGHT	NOTATION	SAMPEL		
			A	B	C
			(gram)	(gram)	(gram)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Basket	W_c	445.7	445.7	445.7
2	Basket Under Water	W_{cw}	395.1	395.2	386.2
3.	Basket + Aggregate, SSD	W_{cs}	1585.7	1584.4	1586.7
4.	Basket + Aggregate Under Water	W_{csw}	1122.8	1119.7	1120.5
5.	Aggregate Saturated Surface Dry	$W_s = W_{cs} - W_c$	1140	1138.7	1141
6.	Aggregate Under Water	$W_w = W_{csw} - W_{cw}$	727.7	724.5	734.3
7.	Volume of Aggregate, SSD	$W_v = W_s - W_w$	412.3	414.2	406.7
8.	Specific Gravity, SSD	$SG_{SSD} = W_s / W_v$	2.76	2.75	2.81
	Average Specific Gravity, SSD		2.773		
9.	Basket	$W_{c'}$	120	120	120
10.	Basket + Aggregate, OD	W_{cd}	1242.8	1241.3	1243.4
11.	Aggregate Oven Dry	$W_d = W_{cd} - W_{c'}$	1122.8	1121.3	1123.4
12.	Specific Gravity, OD	$SG_{OD} = W_d / W_v$	2.72	2.71	2.76
	Average Specific Gravity, OD		2.731		
13.	Water Absorption (%)	$100 (W_s - W_d) / W_d$	1.53	1.55	1.57
	Average Absorption (%)		1.550		

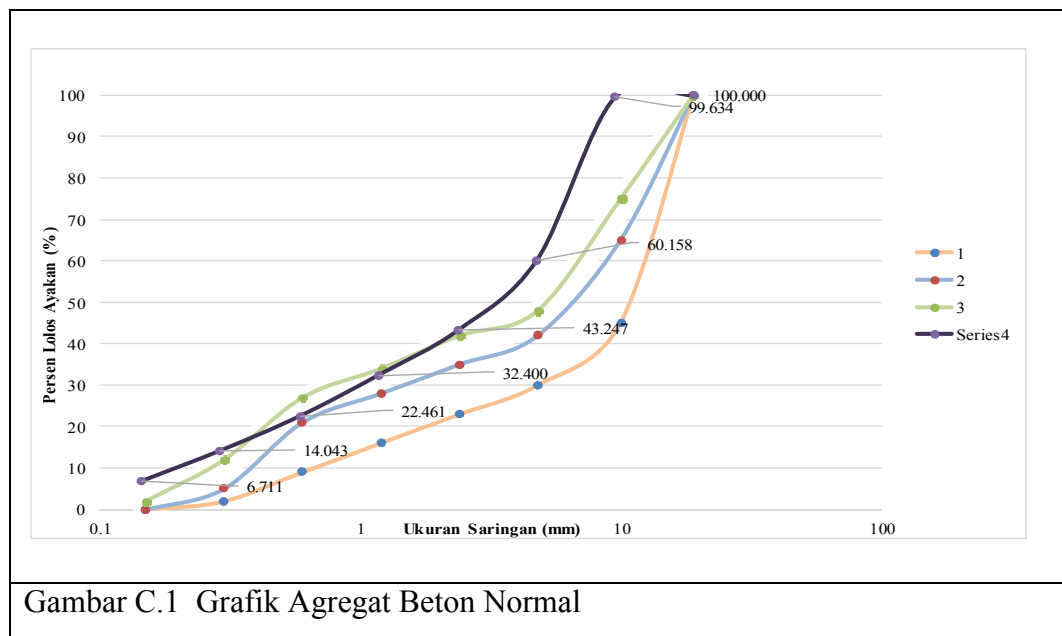
Tabel C.3.2 Berat Jenis dan Absorsi Coarse sand

No Urut	WEIGHT	NOTATION	SAMPEL		
			A	B	C
			(gram)	(gram)	(gram)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Container	W_c	1072	1072	1072
2	Container + Aggregate SSD	W_{cs}	1717	1714	1715
3.	Aggregate Saturated Surface Dry	$W_s = W_{cs} - W_c$	645	642	643
4.	Container + Aggregate + Water	$W_{csw'}$	1943	1961	1964
5.	Container + Water	$W_{cw''}$	1438	1449	1446
6.	Volume Of Aggregate, SSD	$W_v = W_s - W_{csw'} + W_{cw''}$	140	130	125
7.	Specific Gravity, SSD	$SG, SSD = W_s / W_v$	4.61	4.94	5.14
	Average Specific Gravity, SSD		4.897		
8.	Container		120	120	120
9.	Container + Aggregate OD + Water	W'_{csw}	740.2	736.4	739.5
10.	Aggregate Oven Dry	$W_d = W'_{csw} - W'_c$	623.9	627.7	624.7
11.	Specific Gravity, OD	$SG, OD = W_d / W_v$	4.46	4.83	5.00
	Average Specific Gravity, OD		4.761		
12.	Water Absorption (%)	$100 (W_s - W_d) / W_d$	3.38	2.28	2.93
	Average Water Absorption (%)		2.863		

Lampiran C. 4 Perhitungan Agregat Campuran

Tabel C.4.1 Agregat Campuran Beton Normal

Sieve Size (mm)	Individual percentages retained on		Devided by 3 columns		Column (5) x 3	Column (6) x 3	Resultant percentage retained on	Commulative resultant percentage	
	Coarse aggregate	Coarse sand	Coarse aggregate	Coarse sand	45%	55%		Passing of	Retained On
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
31.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000	0.000
19.10	0.814	0.000	0.271	0.000	0.366	0.000	0.366	99.634	0.366
9.52	87.725	0.000	29.242	0.000	39.476	0.000	39.476	60.158	39.842
4.76	11.193	21.590	3.731	7.197	5.037	11.874	16.911	43.247	56.753
2.38	0.268	19.501	0.089	6.500	0.121	10.725	10.846	32.400	67.600
1.18	0.000	18.071	0.000	6.024	0.000	9.939	9.939	22.461	77.539
0.59	0.000	15.306	0.000	5.102	0.000	8.418	8.418	14.043	85.957
0.29	0.000	13.331	0.000	4.444	0.000	7.332	7.332	6.711	93.289
0.15	0.000	7.887	0.000	2.629	0.000	4.338	4.338	2.373	98
Sisa	0.000	4.315	0.000	1.438	0.000	2.373	2.373	0.000	100
Total	100	100	33.333	33.333			100		618.974
F.M (Finenes Modulus)									6.190



Gambar C.1 Grafik Agregat Beton Normal

Lampiran C.5 Rencana Campuran Beton dengan FAS 0,35

➤ C.5.1 Rencana Campuran Beton Normal

1. FAS = 0,35
2. Diameter maksimum agregat = 19,1
3. Slump = 75 – 100 mm

Slump (mm)	Air (kg/m ³ Beton)							
	Untuk Ukuran Maksimum Agregat (mm)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	70	150
	Beton Tanpa Bahan Pemasuk Udara							
25 sampai 50	207	199	190	179	166	154	130	133
75 sampai 100	228	216	205	193	181	169	145	140
150 sampai 175	243	228	216	202	178	178	160	-
Perkiraan Jumlah Udara yang Teperangkap di dalam beton (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

4. Interpolasi:

$$19 = 205$$

$$25 = 193$$

$$19,1 = \dots\dots?$$

$$\frac{193-205}{25-19} = \frac{x-193}{25-19,1}$$

$$\frac{-12}{6} = \frac{x-193}{5,9} = -12 \times 5,9 = 6(x) - 6(193)$$

$$-70,8 = 6x - 1158$$

$$6x = 1158 + 70,8$$

$$6x = 1228,8$$

$$X = \frac{1228,8}{6} = 204,8 \text{ kg/m}^3.$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ Semen} &= 204,8/0,35 \\
 &= 585,14
 \end{aligned}$$

Ukuran Maximum Agregat (mm)	Perkiraan Awal Berat Beton , Kg/m ³	
	Beton Tanpa Bahan Pemasuk Udara	Beton Dengan Bahan Pemasuk Udara
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
70	2490	2405
150	2530	2435

Lanjutan 1/2

6. Berat Beton

Interpolasi:

$$19 = 2345$$

$$25 = 2380$$

$$19,1 = \dots\dots?$$

$$\frac{2380-2345}{25-19} = \frac{x-2380}{25-19,1}$$

$$\frac{35}{6} = \frac{x-2380}{5,9} = 35 \times 5,9 = 6(x) - 6(2380)$$

$$206,5 = 6x - 14280$$

$$6x = 14280 - 206,5$$

$$6x = 14073,5$$

$$X = \frac{14073,5}{6} = 2345,6 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ Agregat} &= 2345,6 - 585,14 - 204,8 \\
 &= 1555,64
 \end{aligned}$$

8. Coarse Agregat = $1555,64 * 45\%$
= 700,04

9. Coarse Sand = $1555,64 * 55\%$
= 855,60

10. HDPE = Coarse Agregat * HDPE (0%,5%,10%,15%,20%)
= 6,691 kg

11. Rekapitulasi

Air = 204,8 Kg

Semen = 585,14 Kg

CA = 700,04 Kg

CS = 855,60 Kg

Superplasticizier = $1\% \times \text{semen} = 1\% \times 585,14 = 5,85 \text{ Kg}$

Lampiran C.6 Kuat Tekan

Tabel C.6.1 Variasi Kuat Tekan Umur 14 Hari

Benda Uji	Umur	FA S	Nama benda uji	Dimensi		Berat Benda uji	Luas penampang	Beban		Kuat Tekan	Rata-rata Kuat Tekan
				D	T						
				(cm)	(cm)	(kg)	(mm ²)	(ton)	(kN)	(N/m ²)	(N/m ²)
BN	14	0.35	BN1	15.00	30.10	12.94	17671.46	85.00	833.85	47.19	48.26
			BN2	14.80	30.10	12.90	17203.36	90.00	882.90	51.32	
			BN3	15.05	30.12	13.04	17789.46	88.00	863.28	48.53	
			BN4	15.10	30.40	13.06	17907.86	84.00	824.04	46.02	
HDPE 5%	14	0.35	HPPE 1 5%	15.12	30.36	12.82	17955.33	67.00	657.27	36.61	36.46
			HPPE 2 5%	15.19	30.50	12.94	18121.97	66.00	647.46	35.73	
			HPPE 3 5%	15.12	30.18	12.72	17955.33	66.00	647.46	36.06	
			HPPE 4 5%	15.17	30.10	12.78	18074.28	69.00	676.89	37.45	
HDPE 10%	14	0.35	HDPE 1 10%	15.00	30.10	12.52	17671.46	55.00	539.55	30.53	29.92
			HDPE 2 10%	14.94	30.20	12.12	17530.37	56.50	554.27	31.62	
			HDPE 3 10%	15.10	30.05	12.52	17907.86	55.00	539.55	30.13	
			HDPE 4 10%	15.10	30.10	12.34	17907.86	50.00	490.50	27.39	
HDPE 15%	14	0.35	HDPE 1 15%	15.00	30.15	11.84	17671.46	52.50	515.03	29.14	25.95
			HDPE 2 15%	14.90	30.18	12.20	17436.62	45.00	441.45	25.32	
			HDPE 3 15%	15.10	30.30	12.46	17907.86	45.00	441.45	24.65	
			HDPE 4 15%	15.00	30.15	12.16	17671.46	44.50	436.55	24.70	
HDPE 20%	14	0.35	HDPE 1 20%	15.10	30.30	12.02	17907.86	40.00	392.40	21.91	23.55
			HDPE 2 20%	14.95	30.10	11.98	17553.85	47.00	461.07	26.27	
			HDPE 3 20%	15.00	30.30	12.02	17671.46	40.50	397.31	22.48	
			HDPE 4 20%	15.10	30.20	12.14	17907.86	43.00	421.83	23.56	

Tabel C.6.2 Variasi Kuat Tekan Umur 28 Hari

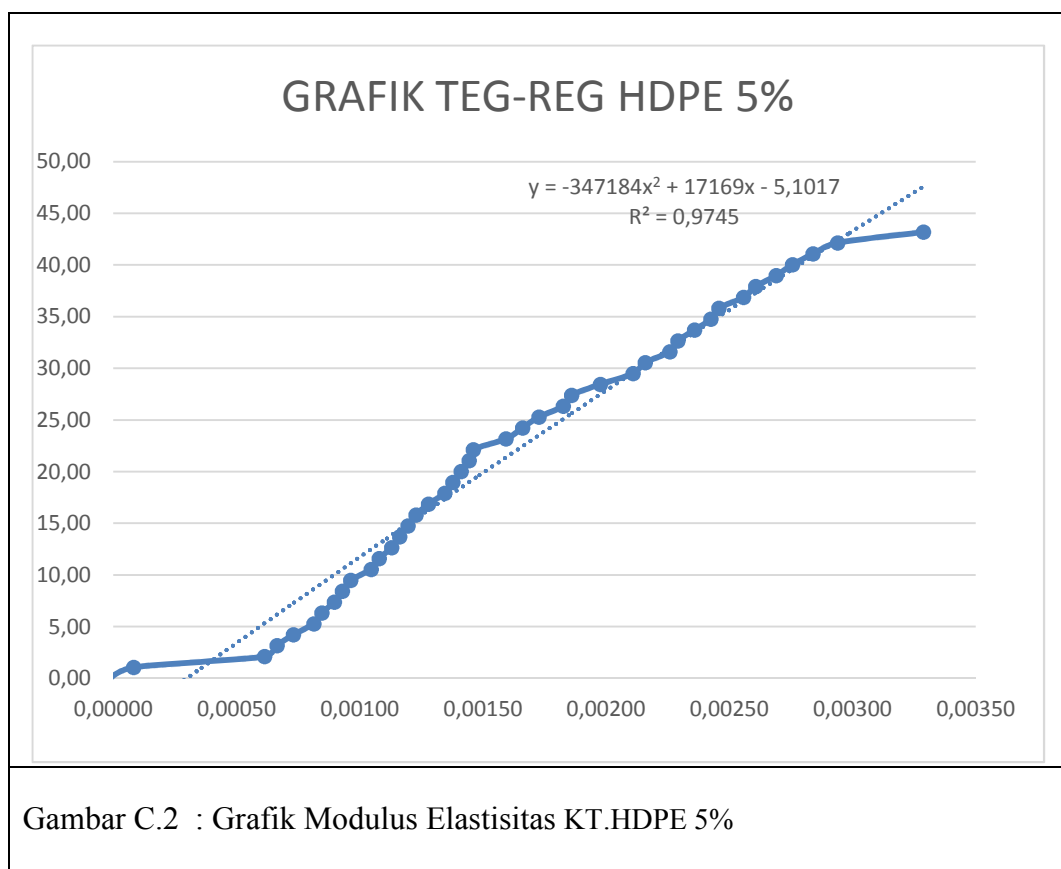
Benda Uji	U m ur	FA S	Nama benda uji	Dimensi		Ber at Ben da uji	Luas penam pang	Beban		Kuat Tekan	Rata -rata Kuat Tekan
				D	T						
				(c m)	(c m)	(kg)	(mm ²)	(ton)	(kN)	(N/m ²)	(N/m ²)
BN	28	0.35	BN1	15. 12	30. 22	13.1 0	17955. 33	130.0 0	1275. 30	71.03	64.50
			BN2	15. 13	30. 22	13.1 6	17979. 09	95.00	931.9 5	51.84	
			BN3	15. 07	30. 10	13.2 0	17836. 78	110.0 0	1079. 10	60.50	
			BN4	15. 03	30. 10	12.9 6	17742. 22	135.0 0	1324. 35	74.64	
HDPE 5%	28	0.35	HPPE 1 5%	15. 12	30. 22	12.8 4	17955. 33	80.00	784.8 0	43.71	40.05
			HPPE 2 5%	14. 98	30. 10	12.7 6	17624. 37	62.00	608.2 2	34.51	
			HPPE 3 5%	15. 19	30. 32	12.9 2	18121. 97	74.00	725.9 4	40.06	
			HPPE 4 5%	15. 10	30. 22	12.6 2	17907. 86	76.50	750.4 7	41.91	
HDPE 10%	28	0.35	HDPE 1 10%	14. 90	30. 28	12.5 2	17436. 62	62.50	613.1 3	35.16	34.82
			HDPE 2 10%	15. 03	30. 21	12.7 0	17742. 22	60.00	588.6 0	33.18	
			HDPE 3 10%	15. 12	30. 30	12.7 4	17955. 33	63.00	618.0 3	34.42	
			HDPE 4 10%	15. 14	30. 27	12.5 2	18002. 87	67.00	657.2 7	36.51	
HDPE 15%	28	0.35	HDPE 1 15%	15. 10	30. 05	12.0 6	17907. 86	50.00	490.5 0	27.39	26.60
			HDPE 2 15%	15. 02	30. 20	12.2 2	17718. 61	47.00	461.0 7	26.02	
			HDPE 3 15%	15. 10	30. 12	12.0 6	17907. 86	44.00	431.6 4	24.10	
			HDPE 4 15%	15. 00	30. 17	12.1 0	17671. 46	52.00	510.1 2	28.87	
HDPE 20%	28	0.35	HDPE 1 20%	15. 10	30. 26	12.2 2	17907. 86	50.00	490.5 0	27.39	23.60
			HDPE 2 20%	14. 93	30. 43	12.0 8	17506. 91	38.00	372.7 8	21.29	
			HDPE 3 20%	15. 12	30. 23	12.0 8	17955. 33	40.00	392.4 0	21.85	
			HDPE 4 20%	15. 00	30. 15	12.0 8	17671. 46	43.00	421.8 3	23.87	

Lampiran C.7 Modulus Elastisitas

Tabel C.7.1 Modulus Elastisitas KT.HDPE 5%

Beban (Kg)	Data Lab		Data Aktual		Rata- Rata (mm)	Regangan	Tegangan (Mpa)
	Dial I (mm)	Dial II (mm)	Dial I (mm)	Dial II (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	0.00
2000	0.070	-0.100	0.070	-0.095	0.013	0.00008	1.05
4000	0.085	-0.105	0.085	-0.100	0.007	0.00005	2.11
6000	0.090	-0.115	0.090	-0.110	0.010	0.00007	3.16
8000	0.105	-0.120	0.105	-0.115	0.005	0.00003	4.21
10000	0.120	-0.130	0.120	-0.125	0.003	0.00002	5.27
12000	0.125	-0.135	0.125	-0.130	0.003	0.00002	6.32
14000	0.130	-0.145	0.130	-0.140	0.005	0.00003	7.37
16000	0.135	-0.150	0.135	-0.145	0.005	0.00003	8.43
18000	0.140	-0.155	0.140	-0.150	0.005	0.00003	9.48
20000	0.155	-0.165	0.155	-0.160	0.003	0.00002	10.53
22000	0.160	-0.170	0.160	-0.165	0.003	0.00002	11.59
24000	0.165	-0.180	0.165	-0.175	0.005	0.00003	12.64
26000	0.170	-0.185	0.170	-0.180	0.005	0.00003	13.70
28000	0.180	-0.185	0.180	-0.180	0.000	0.00000	14.75
30000	0.180	-0.195	0.180	-0.190	0.005	0.00003	15.80
32000	0.185	-0.205	0.185	-0.200	0.007	0.00005	16.86
34000	0.195	-0.215	0.195	-0.210	0.007	0.00005	17.91
36000	0.195	-0.225	0.195	-0.220	0.013	0.00008	18.96
38000	0.200	-0.230	0.200	-0.225	0.013	0.00008	20.02
40000	0.200	-0.240	0.200	-0.235	0.018	0.00012	21.07
42000	0.200	-0.245	0.200	-0.240	0.020	0.00013	22.12
44000	0.225	-0.260	0.225	-0.255	0.015	0.00010	23.18
46000	0.240	-0.265	0.240	-0.260	0.010	0.00007	24.23
48000	0.255	-0.270	0.255	-0.265	0.005	0.00003	25.28
50000	0.270	-0.285	0.270	-0.280	0.005	0.00003	26.34
52000	-0.275	-0.290	-0.275	-0.285	0.280	0.00186	27.39

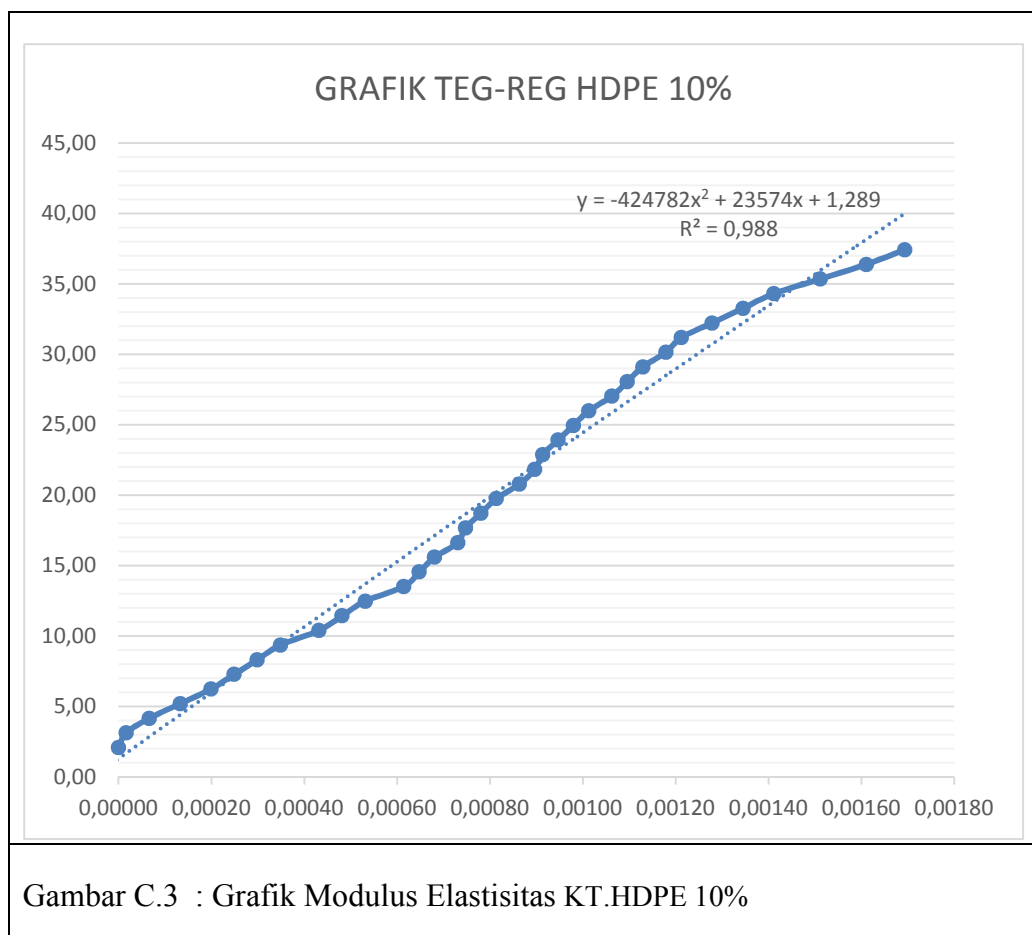
54000	-0.290	-0.310	-0.290	-0.305	0.298	0.00198	28.44
56000	-0.315	-0.325	-0.315	-0.320	0.318	0.00211	29.50
58000	-0.325	-0.330	-0.325	-0.325	0.325	0.00216	30.55
60000	-0.340	-0.345	-0.340	-0.340	0.340	0.00226	31.60
62000	-0.345	-0.350	-0.345	-0.345	0.345	0.00229	32.66
64000	-0.350	-0.365	-0.350	-0.360	0.355	0.00236	33.71
66000	-0.365	-0.370	-0.365	-0.365	0.365	0.00242	34.76
68000	-0.370	-0.375	-0.370	-0.370	0.370	0.00246	35.82
70000	-0.385	-0.390	-0.385	-0.385	0.385	0.00256	36.87
72000	-0.390	-0.400	-0.390	-0.395	0.393	0.00261	37.92
74000	-0.405	-0.410	-0.405	-0.405	0.405	0.00269	38.98
76000	-0.410	-0.425	-0.410	-0.420	0.415	0.00276	40.03
78000	-0.420	-0.440	-0.420	-0.435	0.428	0.00284	41.09
80000	-0.435	-0.455	-0.435	-0.450	0.443	0.00294	42.14
82000	-0.535	-0.460	-0.535	-0.455	0.495	0.00329	43.19



Tabel C.7.2 Modulus Elastisitas KT.HDPE 10%

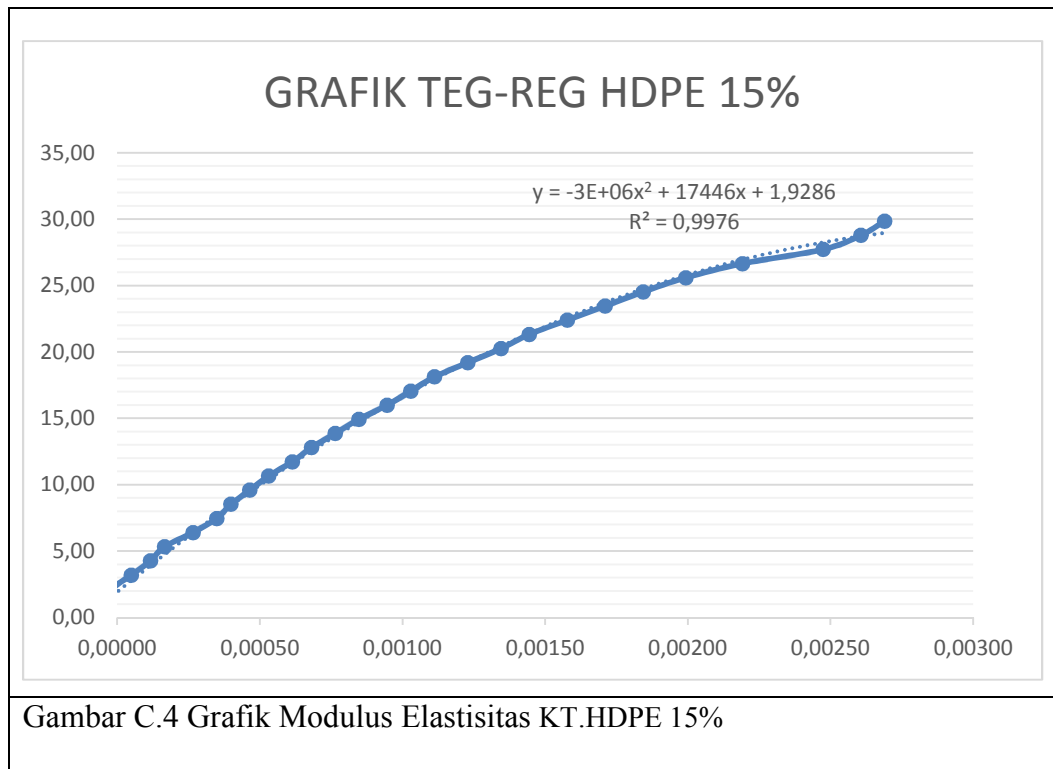
Beban (Kg)	Data Lab		Data Aktual		Rata- Rata (mm)	Regangan	Tegangan (Mpa)
	Dial I (mm)	Dial II (mm)	Dial I (mm)	Dial II (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	0.00
2000	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	1.04
4000	0.005	0.000	0.005	0.005	-0.005	-0.00003	2.08
6000	0.010	0.000	0.010	0.005	-0.008	-0.00005	3.12
8000	-0.010	-0.015	-0.010	-0.010	0.010	0.00007	4.16
10000	-0.015	-0.030	-0.015	-0.025	0.020	0.00013	5.20
12000	-0.025	-0.040	-0.025	-0.035	0.030	0.00020	6.24
14000	-0.030	-0.050	-0.030	-0.045	0.038	0.00025	7.28
16000	-0.035	-0.060	-0.035	-0.055	0.045	0.00030	8.32
18000	-0.045	-0.065	-0.045	-0.060	0.053	0.00035	9.36
20000	-0.060	-0.075	-0.060	-0.070	0.065	0.00043	10.40
22000	-0.065	-0.085	-0.065	-0.080	0.073	0.00048	11.44
24000	-0.075	-0.090	-0.075	-0.085	0.080	0.00053	12.48
26000	-0.090	-0.100	-0.090	-0.095	0.093	0.00061	13.52
28000	-0.095	-0.105	-0.095	-0.100	0.098	0.00065	14.56
30000	-0.100	-0.110	-0.100	-0.105	0.103	0.00068	15.59
32000	-0.110	-0.115	-0.110	-0.110	0.110	0.00073	16.63
34000	-0.110	-0.120	-0.110	-0.115	0.113	0.00075	17.67
36000	-0.115	-0.125	-0.115	-0.120	0.118	0.00078	18.71
38000	-0.120	-0.130	-0.120	-0.125	0.123	0.00081	19.75
40000	-0.130	-0.135	-0.130	-0.130	0.130	0.00086	20.79
42000	-0.135	-0.140	-0.135	-0.135	0.135	0.00090	21.83
44000	-0.135	-0.145	-0.135	-0.140	0.138	0.00091	22.87
46000	-0.140	-0.150	-0.140	-0.145	0.143	0.00095	23.91
48000	-0.145	-0.155	-0.145	-0.150	0.148	0.00098	24.95

50000	-0.150	-0.160	-0.150	-0.155	0.153	0.00101	25.99
52000	-0.160	-0.165	-0.160	-0.160	0.160	0.00106	27.03
54000	-0.160	-0.175	-0.160	-0.170	0.165	0.00110	28.07
56000	-0.165	-0.180	-0.165	-0.175	0.170	0.00113	29.11
58000	-0.175	-0.185	-0.175	-0.180	0.178	0.00118	30.15
60000	-0.175	-0.195	-0.175	-0.190	0.183	0.00121	31.19
62000	-0.190	-0.200	-0.190	-0.195	0.193	0.00128	32.23
64000	-0.195	-0.215	-0.195	-0.210	0.203	0.00135	33.27
66000	-0.205	-0.225	-0.205	-0.220	0.213	0.00141	34.31
68000	-0.220	-0.240	-0.220	-0.235	0.228	0.00151	35.35
70000	-0.235	-0.255	-0.235	-0.250	0.243	0.00161	36.39
72000	-0.255	-0.260	-0.255	-0.255	0.255	0.00169	37.43



Tabel C.7.3 Modulus Elastisitas KT.HDPE 15%

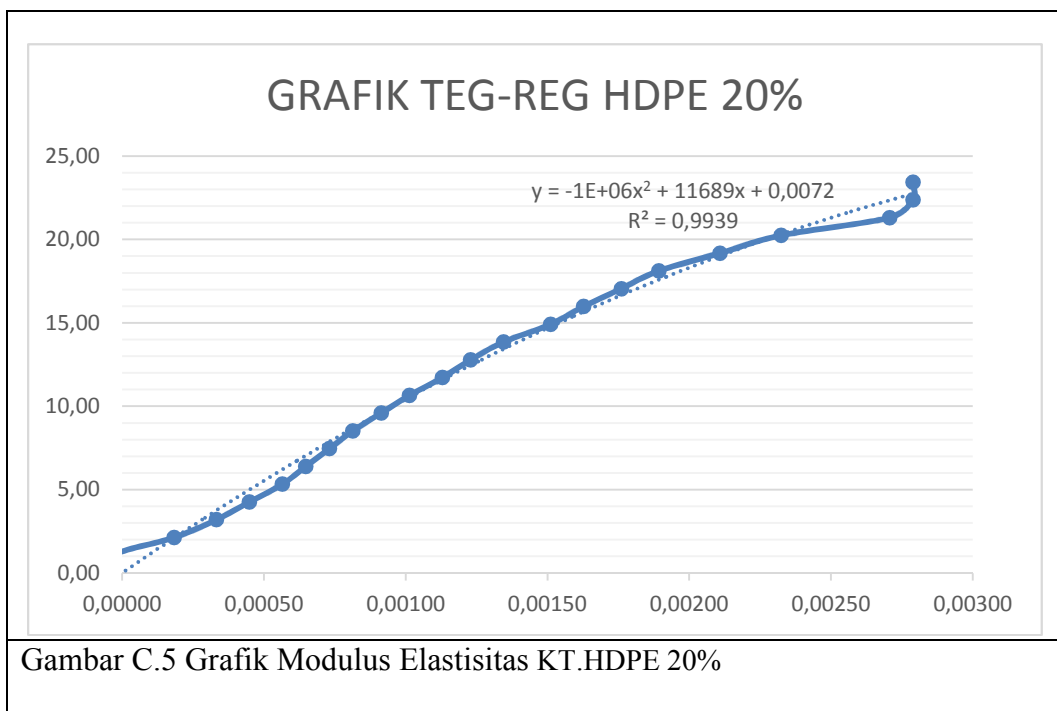
Beban (Kg)	Data Lab		Data Aktual		Rata- Rata (mm)	Regangan	Tegangan (Mpa)
	Dial I (mm)	Dial II (mm)	Dial I (mm)	Dial II (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	0.00
2000	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	1.07
4000	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	2.13
6000	-0.015	-0.005	-0.015	0.000	0.008	0.00005	3.20
8000	-0.020	-0.020	-0.020	-0.015	0.018	0.00012	4.26
10000	-0.030	-0.025	-0.030	-0.020	0.025	0.00017	5.33
12000	-0.045	-0.040	-0.045	-0.035	0.040	0.00027	6.40
14000	-0.055	-0.055	-0.055	-0.050	0.053	0.00035	7.46
16000	-0.060	-0.065	-0.060	-0.060	0.060	0.00040	8.53
18000	-0.070	-0.075	-0.070	-0.070	0.070	0.00046	9.60
20000	-0.080	-0.085	-0.080	-0.080	0.080	0.00053	10.66
22000	-0.090	-0.100	-0.090	-0.095	0.093	0.00061	11.73
24000	-0.100	-0.110	-0.100	-0.105	0.103	0.00068	12.79
26000	-0.110	-0.125	-0.110	-0.120	0.115	0.00076	13.86
28000	-0.120	-0.140	-0.120	-0.135	0.128	0.00085	14.93
30000	-0.135	-0.155	-0.135	-0.150	0.143	0.00095	15.99
32000	-0.145	-0.170	-0.145	-0.165	0.155	0.00103	17.06
34000	-0.155	-0.185	-0.155	-0.180	0.168	0.00111	18.12
36000	-0.165	-0.210	-0.165	-0.205	0.185	0.00123	19.19
38000	-0.180	-0.230	-0.180	-0.225	0.203	0.00135	20.26
40000	-0.185	-0.255	-0.185	-0.250	0.218	0.00144	21.32
42000	-0.200	-0.280	-0.200	-0.275	0.238	0.00158	22.39
44000	-0.210	-0.310	-0.210	-0.305	0.258	0.00171	23.46
46000	-0.220	-0.340	-0.220	-0.335	0.278	0.00184	24.52
48000	-0.230	-0.375	-0.230	-0.370	0.300	0.00199	25.59
50000	-0.245	-0.420	-0.245	-0.415	0.330	0.00219	26.65
52000	-0.265	-0.485	-0.265	-0.480	0.373	0.00247	27.72
54000	-0.290	-0.500	-0.290	-0.495	0.393	0.00261	28.79
56000	-0.305	-0.510	-0.305	-0.505	0.405	0.00269	29.85



Tabel C.7.4 Modulus Elastisitas KT.HDPE 20%

Beban (Kg)	Data Lab		Data Aktual		Rata- Rata (mm)	Regangan	Tegangan (Mpa)
	Dial I (mm)	Dial II (mm)	Dial I (mm)	Dial II (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.003	-0.00002	0.00
2000	0.000	0.005	0.000	0.010	-0.005	-0.00003	1.07
4000	0.030	-0.090	0.030	-0.085	0.028	0.00018	2.13
6000	0.045	-0.150	0.045	-0.145	0.050	0.00033	3.20
8000	0.070	-0.210	0.070	-0.205	0.068	0.00045	4.26
10000	0.085	-0.260	0.085	-0.255	0.085	0.00056	5.33
12000	0.100	-0.300	0.100	-0.295	0.098	0.00065	6.39
14000	0.110	-0.335	0.110	-0.330	0.110	0.00073	7.46
16000	0.125	-0.375	0.125	-0.370	0.123	0.00081	8.52
18000	0.135	-0.415	0.135	-0.410	0.138	0.00091	9.59
20000	0.150	-0.460	0.150	-0.455	0.153	0.00101	10.65
22000	0.165	-0.510	0.165	-0.505	0.170	0.00113	11.72
24000	0.175	-0.550	0.175	-0.545	0.185	0.00123	12.79
26000	0.185	-0.595	0.185	-0.590	0.203	0.00135	13.85
28000	0.205	-0.665	0.205	-0.660	0.228	0.00151	14.92

30000	0.220	-0.715	0.220	-0.710	0.245	0.00163	15.98
32000	0.235	-0.770	0.235	-0.765	0.265	0.00176	17.05
34000	0.255	-0.830	0.255	-0.825	0.285	0.00189	18.11
36000	0.280	-0.920	0.280	-0.915	0.318	0.00211	19.18
38000	0.310	-1.015	0.310	-1.010	0.350	0.00232	20.24
40000	0.365	-1.185	0.365	-1.180	0.408	0.00271	21.31
42000	0.375	-1.220	0.375	-1.215	0.420	0.00279	22.37
44000	0.390	-1.235	0.390	-1.230	0.420	0.00279	23.44



Lampiran C.8 Persamaan *Shape* Awal

Tabel C.8.1 Tabel Beton Normal

Kode Benda Uji	Umur	Persamaan Regresi Polynominal	
	Hari	$y=$	$R=$
KT.HDPE 5%	28	$-3E+04x^2 + 17169x - 5.1017$	0,978
KT.HDPE 10%	28	$-4E+02x^2 + 23574x + 1.289$	0,988
KT.HDPE 15%	28	$-3E+06x^2 + 17446x + 1.9286$	0,9975
KT.HDPE 20%	28	$-1E+06x^2 + 11689x + 0.0072$	0,9939

BERITA ACARA SEMINAR SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Seminar Sidang Tugas Akhir Tahun Ajaran 2020 / 2021.

Hari / Tanggal : Selasa / 02 Maret 2021
Tempat : Ruang 7A RKU New Zealand, Universitas
Muhammadiyah Aceh
Nama Mahasiswa : Aris Munandar
NIM : 1503120122
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Proposal : Pengaruh Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan
Penambahan Limbah HDPE (*High Density
Polyethylene*) Sebagai bahan Pengisi

Dengan hasil seminar Sidang Tugas Akhir :

1. Seminar cukup satu kali
- ②. Seminar cukup satu kali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing :
Keumala Citra Sarina Zein, ST., MT, IPM TTD :
2. Dosen Pembahas I
Agustiar, ST., MT, IPM TTD :
3. Dosen Pembahas II
Widya Soviana, ST., M.Si, IPM TTD :

Mengetahui,
Pimpinan Seminar

Keumala Citra Sarina Zein, ST., MT, IPM
NIDN : 0126108201

RESUME PEMBAHASAN SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji I: **Agustiar, ST., MT, IPM**

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Tambahkan dasar pengambilan HDPE pada abstrak	Telah disesuaikan dasar kenapa penggunaan HDPE pada abstrak.
2.	Perbaiki penulisan dan sumber pada bab 2 pada halaman 11	Telah disesuaikan sumber dan penulisan pada halaman 11 bab 2.
3.	Tambahkan nilai HDPE 0% pada grafik kuat tekan pada bab 4 halaman 33.	Telah disesuaikan penambahan HDPE 0% pada grafik kuat tekan.
4.	Perbaiki grafik tegangan-regangan pada bab 4 halaman 35.	Telah disesuaikan berdasarkan arahan penguji I.
5.	Tambahkan interpolasi pada perhitungan air pada mix desain halaman 68.	Telah disesuaikan penambahan interpolasi pada perhitungan air pada mix desain.
6.	Kenapa pada digunakan 40% pada perhitungan tegangan ?	Modulus elastitas beton menurut ASTM C469-02 adalah nilai tegangan regangan beton dalam kondisi elastis, pada saat tegangan menjadi 40% dari kuat tekan tekan maksimum
7.	Kenapa digunakan Superplastizicer pada beton mutu tinggi?	Karena digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan waktu transportasi lama dan kelecakan (<i>workability</i>) lama.
8.	Tambahkan hasil pola retak beton pada kesimpulan dan saran.	Telah disesuaikan berdasarkan arahan penguji I dengan menambahkan hasil pola retak pada kesimpulan dan saran pada bab V.

9.	Tambahkan penelitian terdahulu pada daftar keputakaan.	Telah disesuaikan berdasarkan penelitian terdahulu pada bab 2
----	--	---

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Menyetujui,
Dosen Penguji I

Keumala Citra Sarina Zein, ST., MT, IPM
NIDN: 0126108201

Agustiar, ST., MT, IPM
NIDN: 0018087003

RESUME PEMBAHASAN SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji II: **Widya Soviana, ST., M.Si, IPM**

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Perbaiki cover sesuai buku panduan.	Telah disesuaikan cover sesuai dengan buku panduan yang ada.
2.	Perbaiki penulisan pada lembar pengesahan.	Telah disesuaikan penulisan pada lembar pengesahan.
3.	Perbaiki penulisan pada abstrak.	Telah disesuaikan penulisan pada abstrak.
4.	Perbaiki penulisan dan jarak spasi sesuai buku panduan pada abstrak.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan pada abstrak.
5.	Perbaiki ketebalan print pada BAB 1.	Telah disesuaikan berdasarkan arahan penguji II.
6.	Perbaiki penulisan dan tabel pada BAB 2 halaman 11.	Telah disesuaikan kesalahan pada penulisan dan tabel pada BAB 2 halaman 11.
7.	Perbaiki margin pada setiap penulisan judul BAB.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan.
8.	Perbaiki penggunaan huruf besar atau kecil pada penulisan BAB 3 halaman 22.	Telah disesuaikan penggunaan huruf besar atau kecil berdasarkan arahan penguji II halaman 22.
9.	Perbaiki margin pada gambar 4.3 dan 4.4 pada BAB 4 halaman 36.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan pada perbaikan gambar 4.3 dan 4.4 pada BAB 4.

10.	Perbaiki penulisan kesimpulan dan saran pada BAB 5 halaman 38.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan pada BAB 5 halaman 38.
11.	Perbaiki penulisan dan jarak spasi sesuai buku panduan pada daftar pustaka halaman 38.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan dan arahan penguji II pada daftar pustaka halaman 38.
12.	Tambahkan hasil pada bagan alir halaman 42.	Telah disesuaikan arahan penguji II pada perbaikan bagan alir halaman 42.
13.	Perbaiki penulisan pada setiap gambar pada lampiran A halaman 46.	Telah disesuaikan penulisan pada setiap gambar pada lampiran A halaman 46 sesuai dengan buku panduan.
14.	Perbaiki margin pada lampiran C halaman 70.	Telah disesuaikan berdasarkan buku panduan dan arahan penguji II pada lampiran C halaman 70.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Menyetujui,
Dosen Penguji II

Keumala Citra Sarina Zein, ST., MT, IPM
NIDN: 0126108201

Widya Soviana, ST., M.Si, IPM
NIDN: 1304108201

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Keumala Citra Sarina Zein, ST., MT, IPM
NIDN: 0126108201

Mengetahui,
Dosen Penguji I

Mengetahui,
Dosen Penguji II

Agustiar, ST., MT, IPM
NIDN: 0018087003

Widya Soviana, ST., M.Si, IPM
NIDN: 1304108201