

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN *MOLASE* SEBAGAI BAHAN
CAMPURAN TERHADAP KARAKTERISTIK KEKUATAN
BETON**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031**

**Lesmono
NIM : 30202000238**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN MOLASE SEBAGAI BAHAN CAMPURAN
TERHADAP KARAKTERISTIK KEKUATAN BETON



Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031



Lesmono
NIM : 30202000238

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 22 Januari 2024

Tim Penguji

1. **Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D**
NIDN: 0605016802
2. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D**
NIDN: 0607046802
3. **Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT**
NIDN: 0611118903

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 40/A-2/SA.T/18/2023

Pada hari ini tanggal 22-01-2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudyono, M.T., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031

Lesmono
NIM : 30202000238

Judul : Pengaruh Penambahan *Molase* Sebagai Bahan Campuran Terhadap Karakteristik Kekuatan Beton

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	21/09/2023	
2	Seminar Proposal	14/11/2023	ACC
3	Pengumpulan data	17/12/2023	
4	Analisis data	18/12/2023	
5	Penyusunan laporan	20/01/2023	
6	Selesai laporan	22/01/2024	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Ir. H. Rachmat Mudyono, M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Pendamping

Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031
2. NAMA : Lesmono
NIM : 30202000238

JUDUL TUGAS AKHIR : Pengaruh Penambahan Molase Sebagai Bahan Campuran Terhadap Karakteristik Kekuatan Beton

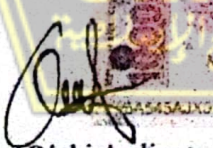
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli Saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau Perguruan Tinggi lainnya.


Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini Saya buat.

Semarang, 17/01/2024

Yang membuat pernyataan,


Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031


Lesmono
NIM : 30202000238

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

1. NAMA : Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031
2. NAMA : Lesmono
NIM : 30202000238

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
Pengaruh Penambahan *Molase* Sebagai Bahan Campuran Terhadap Karakteristik
Kekuatan Beton
benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka Saya
bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.

Semarang, 22/01/2024
Yang membuat pernyataan,

Andika Rizki Ardianto Lesmono
NIM : 30202000031 NIM : 30202000238



MOTTO

“Kesalahan yang paling besar adalah tidak mengambil risiko”. (Mark Zuckerberg)

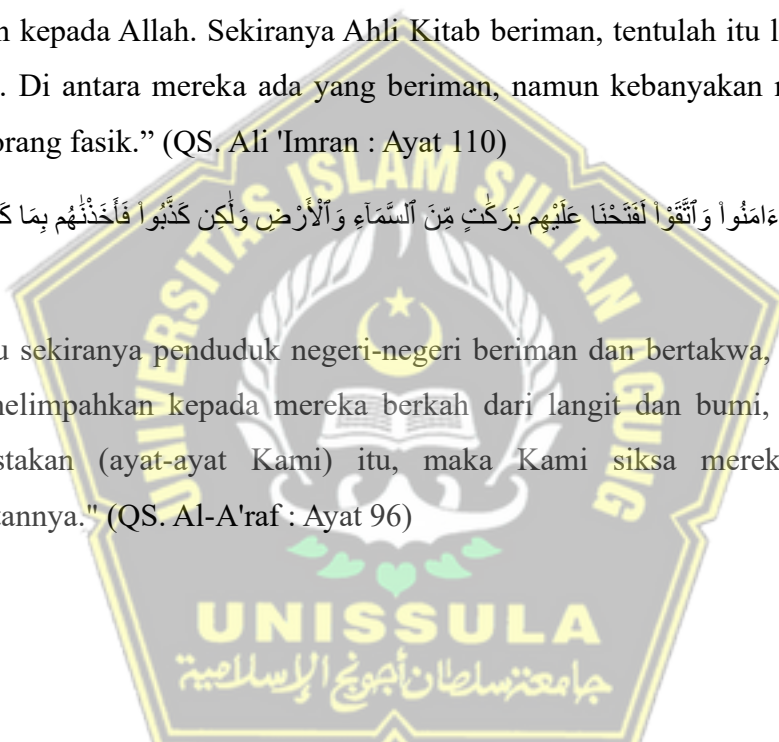
“Hal yang besar memerlukan kesabaran yang besar”. (Ibnu Sina)

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” (QS. Ali 'Imran : Ayat 110)

وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْقُرَىٰ ءَامَنُوا وَاتَّقَوْا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِم بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ وَلَٰكِن كَذَّبُوا فَأَخَذْنَاهُم بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

"Jikalau sekiranya penduduk negeri-negeri beriman dan bertakwa, pastilah Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi mereka mendustakan (ayat-ayat Kami) itu, maka Kami siksa mereka disebabkan perbuatannya." (QS. Al-A'raf : Ayat 96)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Panutanku Bapak Sanyoto dan Pintu Surgaku, Ibu Sudarsih Terima kasih sebesar - besarnya Penulis berikan kepada Beliau atas do'a, semangat dan segala bentuk bantuannya yang telah diberikan selama ini. Terima kasih atas nasehat yang selalu diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, Terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi Penulis, Terima kasih sudah menjadi tempatku untuk pulang, dan Terima kasih telah percaya kepada Penulis untuk bisa menyelesaikan studinya sampai Sarjana. Untuk adikku Achmad Fauzan Julian Akbar. Terima kasih sudah ikut serta dalam proses Penulis menempuh Pendidikan selama ini. Terima kasih atas do'a dan cinta yang selalu diberikan kepada Penulis. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat Adikku. Keluarga besar Mbah Wahono terima kasih atas dukungan dan do'a yang selalu dipanjatkan. Sehingga Penulis bisa menyelesaikan studinya tepat pada waktunya.
2. Elsyah Kholifataya, yang selalu memberikan inspirasi untuk terus maju kedepan, menjadi support system Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, dan do'a yang senantiasa dilangitkan dan seluruh hal baik yang diberikan kepada Penulis selama ini.
3. Seluruh rekan Dinas Kesehatan Kota Semarang Devisi Perencanaan, Bapak Heri, Bapak Sulhan, Bapak Adit, Bapak Alwin, Bapak Didin, Bapak Doni, Bu Santi, Bu Lina, Bu Eva, Bu Astri, Rama, Salsabila. Terima Kasih atas dukungan, semangat dan segala bentuk bantuan yang telah diberikan selama Penulis berproses hingga terselesainya Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D
Sebagai Dosen Pembimbing yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing kami. Terima kasih atas waktu, ilmu dan masukkan yang telah diberikan selama berdiskusi hingga terselesainya Laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Prabowo Setiawan, M.T., Ph.D

Sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing kami. Terima kasih atas waktu, ilmu dan masukan yang telah diberikan selama berdiskusi hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.

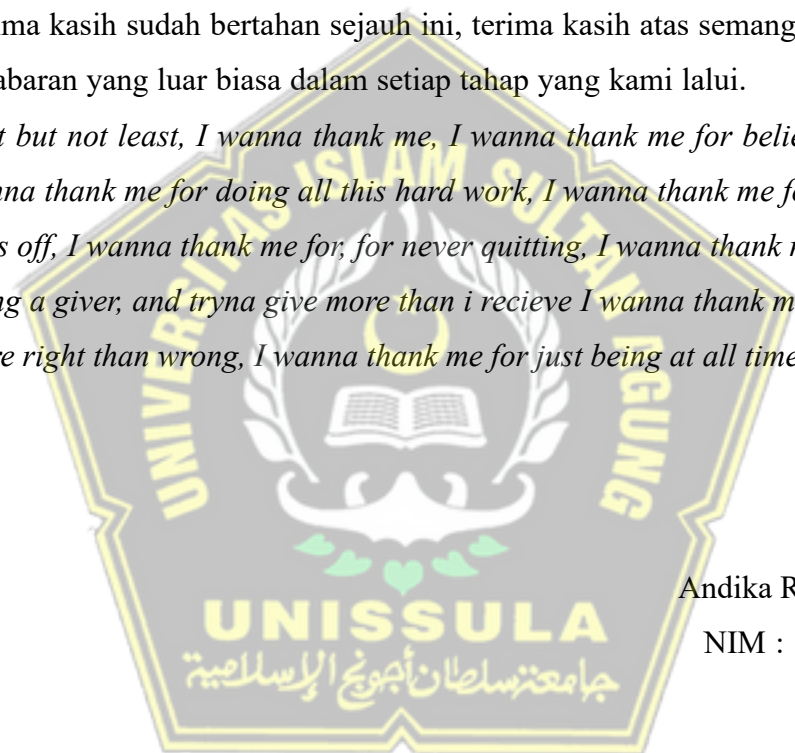
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA

Terima kasih telah memberi pelajaran hidup, pengalaman, menjadi teman berdiskusi, bertukar pikiran dan terima kasih karena telah sudi direpotkan untuk hal-hal yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

7. Lesmono partner Tugas Akhir

Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, terima kasih atas semangat, waktu dan kesabaran yang luar biasa dalam setiap tahap yang kami lalui.

8. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having No. days off, I wanna thank me for, for never quitting, I wanna thank me for always being a giver, and tryna give more than i recieve I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being at all time.*



Andika Rizki Ardianto
NIM : 30202000031

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Untuk orang tua saya, Ibu Yatini yang selama ini selalu memberi dukungan do'a secara lahir & batin. Engkau mampu menjadi orang tua tunggal selama ini. Untuk kakak saya dan suaminya, Desy Purnamasari dan Muh. Cholis Al-Mudhifar, Untuk Keluarga Om dan Tante Saya, Lasdi dan sagini, Sugeng dan Anis. Terima kasih atas segala cinta dan kasih sayang yang tiada henti hingga saya bisa berada pada titik ini. Terima kasih karena sudah sabar menanti tercapainya gelar pendidikan Strata-1 ini.
2. Keluarga besar Bapak Budi Lestariyono dan ibu Yuli, terima kasih atas dukungan serta bantuan materi sehingga saya dapat melanjutkan pendidikan Strata-1.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D dan Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Seluruh dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, Terima kasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Andika Rizki Ardianto selaku partner Kerja Praktik sekaligus Tugas Akhir. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, terima kasih atas semangat, waktu dan kesabaran yang luar biasa dalam setiap tahap yang kami lalui.
6. Untuk saudari Nely Widya Rokhimi, selaku tunangan saya, Terima kasih sudah menjadi *support system* serta bertahan hingga saat ini. Terima kasih atas do'a dan perhatiannya.
7. M. Firdaus Syukrillah, M. Thoha Akhyaru Ilyas, M. Chabib Ardis Salam, M. Adil, Farhan Nuril, Arman Maulana, Adit, M. Syamsuri Utomo. Reyhan, Slamet Putro, Elsy, Aldila, Alfredo Rendy, Frisko Samudra, Yazidna, Nurul Salsa, Carleen Rama, Khoirum Lutfiyah dan Rizki Amanullah, Terima kasih atas semua bantuan dan perhatiannya.
8. Kepada Ibu Satida, Bapak Riki, Bapak Saeful, Mbak Shomy, Ibu Tuminah, Mbah

Yunita, Mbak Gicelle Maher, Mas Rivian dan semua karyawan Dinas Kesehatan Kota Semarang tempat saya magang/kerja praktik, yang selalu *support* serta memberikan izin kepada saya.

9. Semua orang dibalik layar yang selalu memberi support system hingga saya mampu berada pada titik ini.
10. *It is never too late to be what you might have been. If you can dream it, you can do it.*

Lesmono

NIM : 302020000238



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN *MOLASE* SEBAGAI BAHAN CAMPURAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Juny Andry Sulistyono, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan kritikan dan saran kepada Penulis.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.
7. Seluruh Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA yang telah banyak memberikan bantuan kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Januari 2024

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
<i>MOTTO</i>	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
ABSTRAK	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Definisi Beton	5
2.2. Karakteristik Beton	6
2.3. Karakteristik Dan Jenis <i>Molase</i>	7
2.4. Material Penyusun Beton.....	8

2.4.1.	<i>Portland Cement</i>	8
2.4.2.	Agregat.....	9
2.4.3.	Air	11
2.4.4.	Bahan Tambah.....	11
2.4.5.	Tetes Tebu (<i>Molase</i>).....	14
2.5.	Perawatan Beton	14
2.5.1.	<i>Steam Curing</i>	16
2.5.2.	<i>Fogging</i> (Penyemprotan)	17
2.5.3.	Penggenangan atau perendaman.....	17
2.5.4.	<i>Covering</i>	18
2.5.5.	Penutup Basah.....	19
2.5.6.	<i>Curing Compound</i>	20
2.6.	Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1.	Persiapan.....	23
3.2.	Bahan	23
3.2.1.	<i>Portland Cement</i>	23
3.2.2.	Agregat Halus (Pasir).....	24
3.2.3.	Agregat Kasar	24
3.2.4.	Air	24
3.2.5.	Tetes Tebu (<i>Molase</i>).....	25
3.3.	Peralatan.....	25
3.4.	Pembuatan Benda Uji	25
3.5.	Penggunaan Tetes Tebu.....	26
3.6.	Pemeriksaan Material dan <i>Molase</i>	27
3.6.1.	Pemeriksaan Agregat Halus	28

3.6.1.1. Kadar Lumpur Agregat	28
3.6.1.2. Kadar Air Agregat	28
3.6.1.3. Analisa Saringan	28
3.6.2. Pemeriksaan Agregat Kasar	29
3.6.2.1. Kadar Lumpur Agregat	29
3.6.2.2. Kadar Keausan	30
3.6.2.3. Analisa Saringan	30
3.6.3. Uji Karakteristik <i>Molase</i>	30
3.7. <i>Slump Flow Test</i>	31
3.8. Pengujian Beton	32
3.8.1. Uji Kuat Tekan	32
3.8.2. Uji Kuat Tarik Belah	33
3.9. Metode Analisis	34
3.10. Bagan Alir	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Uji Material	37
4.1.1. Agregat Halus	37
4.1.1.1. Kadar Lumpur Agregat	37
4.1.1.2. Kadar Air Agregat	39
4.1.1.3. Analisa Saringan	41
4.1.2. Agregat Kasar	45
4.1.2.1. Kadar Lumpur Agregat	45
4.1.2.2. Kadar Air Agregat	48
4.1.2.3. Analisa Saringan	50
4.1.3. Uji Karakteristik <i>Molase</i>	53
4.1.3.1. Penggunaan Tetes Tebu	54

4.2.	Nilai <i>Slump</i>	56
4.3.	Kuat Tekan Silinder Beton.....	58
4.3.1.	Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	62
4.3.2.	Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	65
4.3.3.	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	68
4.3.4.	Kuat Tekan Rata – Rata	70
4.4.	Kuat Tarik Belah Silinder Beton.....	72
4.4.1.	Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari	73
4.4.2.	Kuat Tarik Belah Beton Umur 14 Hari	76
4.4.3.	Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	78
4.4.4.	Kuat Tarik Belah Rata – Rata	81
BAB V PENUTUP		38
5.1.	Kesimpulan	38
5.2.	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		38
LAMPIRAN		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 variabel penelitian.....	26
Gambar 3.2 Sketsa pengujian <i>Slump Flow Test</i>	32
Gambar 3.3. Alat Uji Kuat Tekan Beton	33
Gambar 3.4. Uji <i>Split Cylinder</i>	34
Gambar 3.5. Bagan alir pembuatan beton normal dan beton dengan campuran tetes tebu	36
Gambar 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus	45
Gambar 4.2 Analisa Saringan Agregat Halus	53
Gambar 4.3 Komposisi <i>Molase</i> setiap variasi menggunakan gelas ukur	56
Gambar 4.4 Alat Tes Slump.....	57
Gambar 4.6 Pengujian Slump	57
Gambar 4.7 Nilai Slump terhadap variasi penambahan tetes tebu	58
Gambar 4.8 Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari.....	62
Gambar 4.9 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 7 Hari	63
Gambar 4.10 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 7 Hari	63
Gambar 4.11 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 7 Hari	64
Gambar 4.12 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 7 Hari	64
Gambar 4.13 Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari.....	65
Gambar 4.14 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 14 Hari	65
Gambar 4.15 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 14 Hari	66
Gambar 4.16 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 14 Hari	67
Gambar 4.17 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 14 Hari	67
Gambar 4.18 Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari.....	68
Gambar 4.19 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 28 Hari	68
Gambar 4.20 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 28 Hari	69

Gambar 4.21 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 28 Hari	70
Gambar 4.22 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 28 Hari	70
Gambar 4.23 Kuat Tekan Beton Rata-rata.....	71
Gambar 4.24 Keping Benda Uji Beton.....	71
Gambar 4.26 Uji Kuat Tekan Beton	72
Gambar 4.28 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 7 Hari.....	73
Gambar 4.29 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 7 Hari .	74
Gambar 4.30 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 7 Hari ...	74
Gambar 4.31 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 7 Hari .	75
Gambar 4.32 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 7 Hari	75
Gambar 4.33 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 14 Hari.....	76
Gambar 4.34 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 14 Hari..	76
Gambar 4.35 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 14 Hari .	77
Gambar 4.36 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 14 Har	77
Gambar 4.37 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 14 Hari	78
Gambar 4.38 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 28 Hari.....	78
Gambar 4.39 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,25% Umur 28 Hari..	79
Gambar 4.40 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,5% Umur 28 Hari...79	79
Gambar 4.41 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 0,75% Umur 28 Hari..80	80
Gambar 4.42 Kuat Tarik Belah Beton Campuran <i>Molase</i> 1% Umur 28 Hari	80
Gambar 4.44 Kuat Tarik Belah Rata-rata	81
Gambar 4.45 Pemasangan Benda Uji	82
Gambar 4.47 Uji Kuat Tarik Belah Beton	82

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi bahan untuk setiap variasi	27
Tabel 3.2 Batasan gradasi untuk agregat halus (ASTM C 33 – 74a).....	29
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	22
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	38
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	39
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	41
Tabel 4.5 Batasan gradasi untuk agregat halus (ASTM C 33 – 74a).....	42
Tabel 4.6 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	42
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	44
Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	46
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	47
Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.....	48
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	50
Tabel 4.12 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	51
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar	52
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Laboratorium PT. Berkah Manis Makmur	53
Tabel 4.15 Komposisi bahan unruk setiap variasi	55
Tabel 4.16 Nilai <i>Slump</i> berbagai jenis beton	56
Tabel 4.17 Tabel Hasil Pengujiaan Kuat Tekan Beton	59
Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengujiaan Kuat Tekan Rata – rata Beton	72
Tabel 4.18 Tabel Hasil Pengujiaan Kuat Tarik Belah Beton	72
Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengujiaan Kuat Tarik Belah Rata – rata Beton.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumen Tugas Akhir	82
Lampiran 2 Dokumen peralatan penelitian	97
Lampiran 3 Dokumen Bahan penelitian.....	100



PENGARUH PENAMBAHAN *MOLASE* SEBAGAI BAHAN CAMPURAN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

Abstrak

Berkembangnya teknologi transportasi, volume kendaraan yang menggunakan jalan raya tentu berpengaruh pada perkerasan jalan. Sehingga dibutuhkanlah perkerasan pada konstruksi pembangunan jalan. Konstruksi bangunan beton dinilai lebih efisien dibandingkan material lainnya. Pembuatan beton yang jauh dari lokasi proyek menyebabkan kondisi beton mudah mengeras ketika sampai di tempat tujuan. Hal ini menjadikan beberapa faktor beton *Ready-Mix* ditolak oleh beberapa proyek konstruksi karena nilai *Slump* tidak sesuai dari standarnya. Untuk itu, diperlukan penambahan campuran beton dengan *Set-retarder* yang mampu memperlambat *setting-time* pengerasan beton. Terdapat alternatif lain selain *Set-retarder* yaitu dengan pemanfaatan limbah tetes tebu (*Molase*) dapat meningkatkan kuat tekan pada beton.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Molase* sebagai bahan campuran beton, pengaruh penambahan *Molase* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental-laboratoris dengan benda uji beton silinder tanpa tulangan dimensi 15x30cm. Dengan variasi penambahan *Molase* (0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%).

Hasil penelitian menunjukkan penambahan *Molase* pada variasi 0,25% mengalami peningkatan Kuat Tekan sedangkan pada variasi 0,5%; 0,75%; 1% mengalami penurunan Kuat Tekan dan penambahan *Molase* pada variasi 0,25% dan 0,5% mengalami peningkatan Kuat Tarik Belah sedangkan pada variasi 0,75% dan 1% mengalami penurunan Kuat Tarik Belah Beton.

Kata kunci : Beton, *Molase*, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

THE EFFECT OF ADDING *MOLASE* AS A MIXTURE ON CONCRETE CHARACTERISTICS

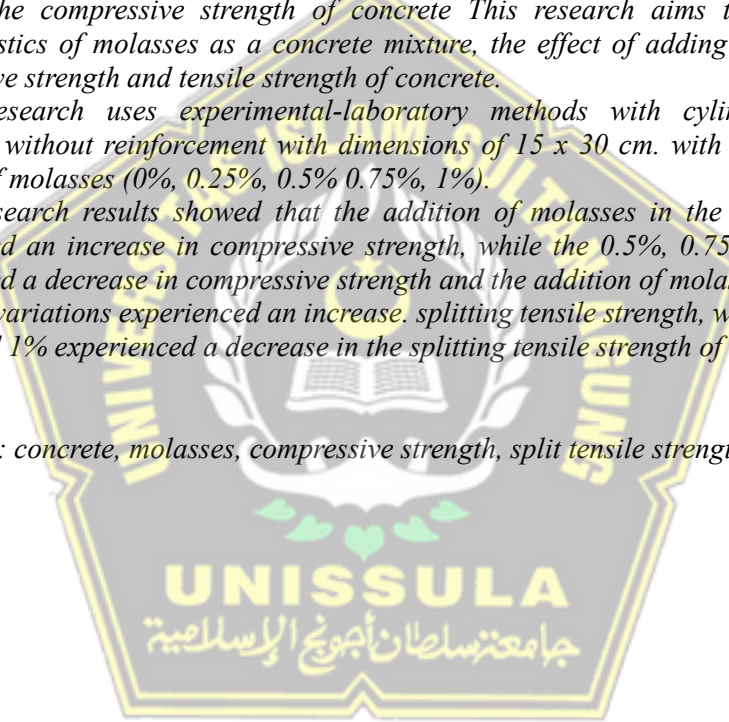
Abstract

The effect of adding molasses as a mixture on the characteristics of abstract concrete The development of transportation technology, the volume of vehicles using roads certainly has an effect on road pavement. Concrete building construction is considered more efficient than other materials. Making concrete far from the project location causes the concrete to harden easily when it arrives at its destination. This causes several Ready-Mix concrete factors to be rejected by several construction projects because the slump value does not meet the standards. For this reason, it is necessary to add a concrete mix with a set-retarder which is able to slow down the setting-time of concrete hardening. There is another alternative besides set-retarder, namely the use of molasses waste (MOLASE). It can increase the compressive strength of concrete This research aims to determine the characteristics of molasses as a concrete mixture, the effect of adding molasses on the compressive strength and tensile strength of concrete.

This research uses experimental-laboratory methods with cylindrical concrete specimens without reinforcement with dimensions of 15 x 30 cm. with variations in the addition of molasses (0%, 0.25%, 0.5% 0.75%, 1%).

The research results showed that the addition of molasses in the 0.25% variation experienced an increase in compressive strength, while the 0.5%, 0.75%, 1% variation experienced a decrease in compressive strength and the addition of molasses in the 0.25% and 0.5% variations experienced an increase. splitting tensile strength, while variations of 0.75% and 1% experienced a decrease in the splitting tensile strength of concrete

Key words: concrete, molasses, compressive strength, split tensile strength.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Semakin berkembangnya teknologi transportasi volume kendaraan yang menggunakan jalan raya tentu berpengaruh pada perkerasan jalan. Pada umumnya perkerasan jalan yang ada di Indonesia seringkali menggunakan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Hal ini karena jalan yang mudah rusak atau bergelombang dan akibat perkerasan yang tidak mampu menahan beban lalu lintas yang cukup tinggi atau melampaui beban rencana. (WiKABETON, 2020).

Rigid Pavement merupakan jenis perkerasan yang terbuat dari *Portland Cement* dengan struktur lapis pondasi bawah di atas tanah dasar dan pelat beton semen sebagai lapis pondasi. *Rigid Pavement* memiliki kuat lentur (*flexural strength*), lebih tahan terhadap genangan air, kemampuan untuk mendukung beban melintang secara tidak teratur di *subgrade*. Perencanaan dan pembangunan perkerasan kaku yang benar, memiliki umur layan yang panjang dan biasanya hanya memerlukan biaya pemeliharaan yang lebih ekonomis dibandingkan *Flexible Pavement* (Lulie, 2004). Beton digunakan untuk membuat struktur bangunan. Beton dibuat dari campuran agregat kasar dan halus seperti pasir, kerikil, batu pecah, ataupun agregat lainnya dengan menambahkan semen dan air dalam jumlah tertentu. (Rosida, 2007 dalam Supriadi, 2016).

Konstruksi bangunan beton dinilai lebih efisien dibandingkan material lainnya. Tidak hanya itu beton juga memiliki kelebihan diantaranya mudah dibentuk, tahan terhadap cuaca, tahan api dan pengerjaannya relatif lebih mudah. Namun beton juga memiliki kekurangan yaitu mudah retak, biaya bekisting cukup mahal, apabila sudah mengeras sulit diubah dan Kuat Tarik rendah (10%-15% dari Kuat Tekan). (Merry N. M. Kosakoy, 2017)

Dari perkembangannya di dalam negeri maupun secara global industri konstruksi mulai beralih pada pembangunan berkelanjutan, yang berarti proyek konstruksi saat ini lebih memperhatikan dari segi efisiensi energi, pemanfaatan limbah dan bahan ramah lingkungan. Selain itu, proyek konstruksi juga didukung

dengan digitalisasi dan teknologi yang semakin berkembang Dengan penggunaan material beton yang semakin besar banyak industri beton yang menjadikan beton siap pakai (*Ready-Mix Concrete*) bagi kebutuhan konstruksi khususnya di Indonesia. Namun pembuatan beton yang jauh dari lokasi proyek menyebabkan kondisi dimana beton mudah mengeras ketika sampai di tempat tujuan. Hal ini menjadikan beberapa faktor beton *Ready-Mix* ditolak oleh beberapa proyek konstruksi untuk dijadikan bahan material karena nilai *Slump* tidak sesuai dari standarnya. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan penambahan campuran beton dengan *set-retarder* yang mampu memperlambat *setting-time* pengerasan beton. (Santoso, 2012)

Kabupaten Pati merupakan sektor pembuatan gula terbesar di Jawa Tengah. Namun pemanfaatan limbah yang kurang maksimal menyebabkan terjadinya peningkatan limbah setiap tahunnya. Menurut Andriansyah (2018) pemanfaatan limbah tetes tebu (*Molase*) dapat meningkatkan kuat tekan pada material beton. Kandungan limbah cair pada tetes tebu terdapat 32% Sukrosa, 14% Glukosa dan 16% Fruktosa yang berpotensi untuk bahan tambah campuran beton.

Pada saat musim panas dengan pembuatan beton yang cukup jauh dari proyek menyebabkan beton cepat sekali mengalami pengerasan, Salah satu cara untuk meningkatkan sifat beton adalah dengan menambahkan tetes tebu (*Molase*) yang dibuat dari limbah pembuatan gula dalam dosis tertentu. Kandungan limbah cair di dalam tetes tebu dicampur secara merata ke dalam adukan beton, mencegah retakan yang terlalu dini karena panas hidrasi dan pembebanan. (Suhendro, 2012). Dan penambahan campuran beton menggunakan tetes tebu (*Molase*) dikenal dengan sebutan beton polimer.

Beton polimer dengan zat kimia yang terdiri molekul karbon dan hidrogen molekul utamanya mampu meningkatkan *workability*, kuat tekan, kuat tarik, *setting time*, dan mengurangi absorpsi air (Prof. Ir. H. Djuanda Suratmadja, 2000 dalam Rumah Pengetahuan, 2017). Sebagai bahan tambahan yang berfungsi sebagai pengganti retarder, tetes tebu (*molase*) dapat memperpanjang waktu pemadatan atau memperpanjang waktu ikat beton (Tri Mulyono, 2004). Pada umur 84 hari, beton dengan bahan tambah tetes tebu 0,3% memiliki kuat tekan 51,30 Mpa. (Daniel & Vera, 2009). Dengan demikian, limbah tetes tebu tidak hanya dapat mengurangi

dampak negatifnya terhadap lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomis dan teknis.

Berdasarkan uraian di atas, Tugas Akhir ini bermaksud untuk mengetahui manfaat limbah tetes tebu (*Molase*) sebagai alternatif pembangunan berkelanjutan untuk bahan tambah campuran beton.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini meliputi :

1. Bagaimana karakteristik *Molase* sebagai bahan campuran beton?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *Molase* terhadap kuat tekan beton?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *Molase* terhadap Kuat Tarik Belah beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini meliputi :

1. Mengetahui karakteristik *Molase* sebagai bahan campuran beton.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *Molase* terhadap kuat tekan beton.
3. Mengetahui pengaruh penambahan *Molase* terhadap Kuat Tarik Belah beton.

1.4. Manfaat

Penelitian ini memberikan manfaat diantaranya :

1. Secara akademik studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu Teknik Sipil pembangunan berkelanjutan yang mengutamakan efisiensi energi, pemanfaatan limbah dan bahan ramah lingkungan, yang berupa campuran limbah tetes tebu (*Molase*) pada beton.
2. Manfaat praktis studi ini diharapkan menjadi sumber informasi dan referensi bagi para Pelaksana Konstruksi bangunan khususnya dalam pengoptimalan bahan material beton.
3. Salah satu upaya mengatasi polusi limbah yang dihasilkan oleh industri pabrik gula.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan ruang lingkup penelitian ini adalah :

- a. Komposisi yang dipakai dalam campuran *Molase* sebanyak 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%.
- b. Mutu beton rencana beton campuran *Molase* $f'c = 24,6$ MPa.
- c. Perawatan beton menggunakan Metode perendaman di air.
- d. Benda uji yang digunakan adalah silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- e. Umur pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur beton untuk campuran *Molase* adalah 7, 14 dan 28 hari.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang terbuat dari campuran beberapa bahan, termasuk semen, pasir, kerikil dan air. Bahan ini dicampur bersama untuk membentuk massa padat yang kuat dan tahan lama. Beton digunakan secara luas dalam industri konstruksi untuk berbagai aplikasi seperti pembangunan gedung, jembatan, jalan, tanggul, dinding, lantai, trotoar dan berbagai struktur lainnya. Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland Cement*, agregat halus (pasir), Agregat Kasar (kerikil) dan air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi, 2016).

Beton adalah campuran antara *Portland Cement* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, Agregat Kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. (SNI 2847:2013)

Semen, yang merupakan salah satu komponen utama dalam beton, mengikat partikel pasir dan kerikil bersama-sama menjadi material padat yang kuat. Air digunakan dalam campuran untuk mengaktifkan proses pengerasan semen yang disebut hidrasi. Campuran yang tepat, termasuk rasio bahan dan kualitas bahan yang digunakan, sangat penting untuk mencapai kekuatan dan ketahanan yang diinginkan.

Beton memiliki berbagai keunggulan seperti kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap api, daya tahan terhadap cuaca dan dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, beton juga dapat diperkuat dengan tambahan material seperti baja tulangan untuk menahan beban yang berat. Beton adalah salah satu bahan konstruksi paling umum digunakan di seluruh dunia dan berperan penting dalam pembangunan infrastruktur dan bangunan.

2.2. Karakteristik Beton

Karakteristik beton mencakup berbagai sifat fisik, mekanik dan kimia yang mempengaruhi penggunaan dan kinerja beton dalam berbagai aplikasi konstruksi.

Beberapa karakteristik utama dari beton meliputi :

- **Kekuatan** : Kekuatan beton adalah kemampuan untuk menahan beban tekan atau beban tarik. Kekuatan beton biasanya diukur dalam Megapascal (MPa) dan dapat bervariasi tergantung pada komposisi campuran, perawatan dan umur beton. Kekuatan beton sangat penting dalam konstruksi struktural. Karakteristik beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan kekuatan tarik yang relatif rendah.
- **Daya tahan** : Daya tahan beton mengacu pada kemampuannya untuk bertahan dari kerusakan fisik, retak, aus, dan korosi. Faktor-faktor seperti kualitas bahan dan lingkungan kerja dapat mempengaruhi daya tahan beton.
- **Ketahanan terhadap cuaca** : Beton harus dapat bertahan dalam berbagai kondisi cuaca. Kemampuannya untuk tahan terhadap pembekuan, pencairan, siklus beku-cair dan pengaruh lingkungan lainnya adalah karakteristik penting.
- **Kepadatan** : Kepadatan beton mengacu pada sejauh mana beton dapat menjadi padat, rapat dan tanpa pori-pori. Kepadatan yang baik dapat meningkatkan daya tahan dan ketahanan terhadap air.
- **Kemampuan pengecoran** : Beton harus mudah dicor untuk membentuk struktural yang diinginkan. Kemampuan pengecoran yang baik menghasilkan permukaan yang halus dan detail yang akurat.
- **Reologi** : Reologi beton mengacu pada aliran, deformasi dan viskositas campuran beton dalam proses pengecoran. Sifat reologis yang baik mempermudah pengecoran dan distribusi beton.
- **Waktu pengerasan** : Waktu pengerasan adalah jangka waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan beban. Hal ini dapat dipengaruhi oleh jenis semen dan kondisi lingkungan.
- **Perubahan dimensi** : Beton dapat mengalami perubahan dimensi seiring waktu akibat pengeringan, perubahan suhu dan pengaruh lainnya. Perubahan dimensi yang berlebihan dapat menyebabkan retak atau deformasi.

- Ketahanan terhadap bahan kimia : Beton harus mampu menahan pengaruh bahan kimia seperti zat kimia korosif, garam atau bahan kimia lainnya yang dapat merusaknya.
- Pengendalian retak : Pengendalian retak adalah kemampuan untuk mengurangi dan mengelola retakan dalam beton sehingga tidak mengganggu kinerja struktural.

Karakteristik beton ini dapat bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan beton dan resep campuran yang digunakan. Untuk mencapai karakteristik yang diinginkan, perlu memperhatikan komposisi campuran, Metode pengecoran dan perawatan setelah pengecoran.

2.3. Karakteristik Dan Jenis *Molase*

Molase (Molasses) adalah sisa dari pengolahan gula yang berbentuk cair. Kandungan yang terdapat pada *Molase* yaitu *Sukrosa*, *Fruktosa* dan *Glukosa*. *Molase* merupakan hasil samping dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula cukup tinggi yakni sukrosa sebesar 48 – 55% (Prescott dan Dunn, 1959 dalam AFA Tyassena 2015).

Molase mempunyai karakteristik cairan kental berwarna coklat pekat diperoleh melalui tahap pemisahan kristal gula. Kandungan nutrisi *Molase* yaitu Kadar Air 23%, bahan kering 77%, protein kasar 4,2% (Sukrina dan Rantan, 2009) dan energi metabolis 2,280 kkal/kg (Anggorodi, 1995). *Molase* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Light Molasses*

Molase ringan atau *Light Molasses* adalah cairan yang dihasilkan dari tahap awal pemrosesan gula tebu. Secara umum, *Molase* ini tidak mengandung sulfur, memiliki warna yang paling cerah, dan memiliki rasa paling manis dibandingkan dengan jenis *Molase* lainnya. Warna terang dari cairan *Light Molasses* disebabkan oleh fakta bahwa ini hanya merupakan sebagian kecil dari gula yang telah diekstraksi, dan mengandung sekitar 65% sukrosa. *Molase* jenis ini sering digunakan sebagai sirup untuk pancake dan wafel, atau dapat dicampurkan dengan sereal seperti oatmeal.

2. **Medium atau *Dark Molasses***

Dark Molasses atau *Medium Molasses* adalah produk dari tahap perebusan kedua dalam pemrosesan gula tebu. *Molase* ini memiliki rasa yang sedikit lebih kuat jika dibandingkan dengan *Light Molasses*. Secara alami, cairan *Dark Molasses* memiliki warna yang lebih gelap dan tekstur yang lebih kental. Meskipun masih memiliki elemen manis, rasa manis pada *Dark Molasses* telah berkurang sedikit dan dicampur dengan nuansa pahit, karena kandungan sukrosanya sekitar 60%.

3. ***Blackstrap Molasses***

Blackstrap Molasses adalah cairan yang dihasilkan melalui ekstraksi gula tebu atau proses perebusan ketiga. Nama "*Blackstrap*" berasal dari bahasa Belanda yang artinya "sirup hitam," mengacu pada warna sangat gelap yang dimilikinya. *Molasses* ini memiliki rasa yang sangat kuat, sedikit pahit, dan aroma yang sangat khas. Kandungan sukrosa dalam *Blackstrap Molasses* lebih rendah, menjadikannya varietas yang paling kurang manis dibandingkan dengan dua jenis *molasses* lainnya. Biasanya, jenis *molasses* ini digunakan sebagai bahan pakan ternak dan dalam industri lainnya.

2.4. **Material Penyusun Beton**

Beton adalah bahan konstruksi yang paling umum digunakan untuk membangun gedung, jembatan, jalan, dan bangunan lainnya. Beton adalah struktur yang homogen. Beton ini dibuat dengan mencampurkan udara dan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lainnya dengan semen portland atau semen hidrolik lainnya. Pada titik tertentu, terkadang ditambahkan bahan tambahan (aditif) yang memiliki sifat kimiawi atau fisikal (Putra, 2017). Setiap bahan yang digunakan dalam pembuatan beton memiliki fungsi dan efek yang berbeda, serta komposisinya yang berbeda.

2.4.1. ***Portland Cement***

Portland cement digunakan untuk mengikat bagian-bagian dalam campuran beton. *Portland cement* adalah semen hidrolik yang dibuat dengan penggilingan klinker

yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis dan biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama dengan bahan utama (Mulyono, 2005:27).

Portland Cement terdiri dari beberapa senyawa kimia yang memiliki sifat khusus. Empat senyawa kimia utama adalah C3S, C2S, Trikalsium Aluminat (C3A) dan Tetrakalsium Aluminoferrit (C4AF). Proses pengerasan beton dan kekuatan setiap senyawa ini berbeda.

2.4.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang digunakan untuk mengisi campuran beton. Agregat harus digradasi sedemikian rupa sehingga massa beton menjadi rapat dan homogen, dan agregat berukuran kecil mengisi celah di antara agregat berukuran besar (Nawy, 1998).

Kualitas agregat mempengaruhi kualitas beton secara keseluruhan karena agregat membentuk 70% hingga 75% volume beton secara keseluruhan. Pemilihan agregat sangat penting karena karakteristik agregat akan mempengaruhi sifat mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 2007). Dengan menggunakan agregat berkualitas baik, beton dapat menjadi lebih mudah untuk dikerjakan (*workable*), memiliki kekuatan yang baik, tahan lama (*durable*) dan juga ekonomis.

a. Agregat Kasar

Dalam proses pembuatan beton, agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah. Kerikil adalah jenis batuan alami yang umumnya memiliki permukaan yang cenderung licin. Di sisi lain, batu pecah atau yang sering disebut juga sebagai kricak, diperoleh melalui proses pemecahan batu, baik secara manual maupun menggunakan mesin pemecah batu. Berikut ini adalah persyaratan umum untuk agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton (PBI-1971) :

- 1) Agregat Kasar dapat berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau batu pecah yang dihasilkan melalui pemecahan batu..
- 2) Agregat Kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Butiran Agregat Kasar harus memiliki kestabilan, yang berarti tidak mudah pecah atau rusak akibat pengaruh cuaca, seperti sinar matahari dan hujan.
- 3) Agregat Kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat

keringnya.

- 4) Agregat Kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang memiliki reaktivitas alkali.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Agregat Kasar

Sifat- sifat	Metode Pengujian	Ketentuan
Kehilangan akibat Abrasi <i>Los Angeles</i>	SNI 2417:2008	Tidak melampaui 40% untuk 500 putaran
Berat Isi lepas	SNI 03-4804-1998	Minimum 1.200 kg/m ³
Berat Jenis	SNI 1970:2016	Minimum 2,1
Penyerapan oleh Air	SNI 1970:2016	<i>Air cooled blast furnace slag</i> ; maks. 6%
		Lainnya: 2,5%
Bentuk Partikel Pipih dan Lonjong dengan Rasio 3 : 1	ASTM D4791-10	Maksimum 25%
Bidang Pecah, tertahan ayakan No.4	NI 7619:2012	Minimum 95/90

Sumber : Spesifikasi Umum 2018 Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan

Untuk menentukan karakteristik agregat, berbagai pengujian yang telah distandarkan dapat dilakukan. Hal ini termasuk analisis saringan, pengukuran kelembaban dan penilaian tingkat kebersihan agregat terhadap lumpur. Dalam penelitian ini Agregat Kasar yang digunakan adalah Agregat Kasar yang berasal dari batu pecah.

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah jenis agregat yang semua butirnya dapat melewati ayakan dengan celah 4,8 mm. Dalam penelitian ini, digunakan agregat halus berupa pasir alami yang diperoleh dari Kecamatan Muntilan, Kabupaten Magelang. Persyaratan umum untuk agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton adalah seperti yang dijelaskan dalam PBI-1971 dan dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diperoleh dari sumber seperti

- sungai atau pasir buatan yang dihasilkan melalui proses pemecahan batu.
- 2) Butiran agregat halus harus tajam dan keras, tidak rentan terhadap pecah atau rusak akibat pengaruh cuaca.
 - 3) Kandungan lumpur dalam agregat halus tidak boleh melebihi 5% dari berat keringnya.
 - 4) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik dalam jumlah yang signifikan. Untuk mengetahui itu, dapat dilakukan pengujian warna menggunakan Metode *Abrams-Harder* dengan larutan NaOH.

2.4.3. Air

Semen tidak dapat membentuk pasta tanpa adanya air. Air adalah komponen yang selalu ada dalam campuran beton cair, tidak hanya untuk proses hidrasi semen tetapi juga untuk mengubah campuran tersebut menjadi pasta yang dapat dengan mudah diolah (*workable*).

Dalam penggunaan air untuk campuran beton ada beberapa persyaratan khusus yang harus dipenuhi, terutama yang dijelaskan oleh Subakti (1994):

- 1) Air yang dipergunakan dalam pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun baja tulangan.
- 2) Kandungan Klorida (Cl) dalam air tidak boleh melebihi 500 mg per liter.
- 3) Air tawar yang tidak dapat dikonsumsi manusia (*air non-poTabel*) tidak boleh digunakan dalam pembuatan beton.

Pemenuhan persyaratan-persyaratan ini penting untuk memastikan kualitas dan daya tahan beton yang dihasilkan.

2.4.4. Bahan Tambah

Dalam proses pengadukan, bahan tambah adalah bahan cair atau serbuk yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk mengubah sifatnya. Tujuan menambahkan bahan tambah pada adukan beton adalah untuk mempercepat proses pengadukan, mempercepat pengerasan, meningkatkan encer adukan, meningkatkan daktilitas (yang mengurangi sifat getas beton), mengurangi retak-retak pengerasan,

mengurangi panas hidrasi, meningkatkan kedapan, dan meningkatkan keawetan. (Tjokrodimuljo, 2007).

Bahan tambahan, juga disebut sebagai bahan pembantu, dibuat ketika bahan semen, campuran agregat, dan udara ditambahkan ke dalam campuran beton. Tujuan penambahan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton lunak dan keras (Sagel dkk, 1993).

Secara umum, dua jenis bahan tambah dapat digunakan dalam beton: bahan tambah kimiawi (*Chemical Admixture*) dan bahan tambah mineral (*Mineral Additive*). Bahan tambah *Admixture* ditambahkan pada saat pengadukan atau proses pengecoran (penempatan), sedangkan bahan tambah bahan tambahan ditambahkan pada saat pengadukan dilakukan (Mulyono, 2004).

Bahan tambah kimia umumnya digunakan untuk memodifikasi perilaku beton selama proses koleksi, dengan tujuan meningkatkan kinerja pelaksanaan. Di sisi lain, bahan tambah mineral (*additive*) lebih banyak berperan dalam meningkatkan kekuatan beton, sehingga sering digunakan untuk memperbaiki karakteristik kekuatan beton. Berikut penjelasannya:

a. Bahan tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Menurut Mulyono (2004), bahan tambah kimia adalah bahan yang ditambahkan ke campuran beton untuk mengubah beberapa sifat beton. Bahan tambah kimia terbagi menjadi 7 (tujuh) kelompok.

1. Tipe A (*Water-Reducing Admixtures*) : bahan tambah yang menurunkan jumlah udara yang diperlukan dalam campuran beton untuk mencapai konsistensi beton yang diinginkan.
2. Tipe B (*Retarding Admixture*) : bahan tambah biasanya digunakan untuk memperlambat proses pengikatan beton, terutama di cuaca panas, di mana laju kehilangan sifat kerja beton meningkat..
3. Tipe C (*Accelerating Admixture*) : bahan tambahan yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton dan mempercepat proses pengikatan.
4. Tipe D (*Water Reducing and Retarding Admixtures*) : bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah udara yang diperlukan untuk campuran beton

dengan konsistensi tertentu dan pada saat yang sama memperlambat proses pengikatan awal beton.

5. Tipe E (*Water Reducing and Accelerating Admixtures*) : bahan tambah yang berfungsi untuk dua tujuan utama: mengurangi jumlah udara yang diperlukan untuk campuran beton yang konsisten dan mempercepat proses perawatan awal beton..

6. Tipe F (*Water Reducing, High Range Admixtures*) : bahan tambah yang dirancang untuk mengurangi jumlah udara yang diperlukan untuk membuat campuran beton dengan konsistensi tertentu, dengan pengurangan 12 % atau lebih. Tujuan dari pengurangan kadar udara bahan ini yang lebih tinggi adalah untuk mencapai kekuatan beton yang tinggi dengan penggunaan air yang lebih sedikit tetapi kemudahan pengerjaan yang lebih baik. Dosis yang disarankan untuk bahan tambahan ini, yang disebut *Superplasticzer*, adalah 1-2 % dari berat semen. Penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan kekuatan tekan beton berkurang.

7. Tipe G (*Water Reducing, High Retarding Admixtures*) : bahan tambah yang melakukan dua fungsi: mengurangi jumlah udara yang diperlukan untuk campuran beton dengan konsistensi tertentu dengan penurunan sebesar 12% atau lebih, serta juga memperlambat proses pengikatan beton. Jenis tambahan ini merupakan kombinasi antara *Superplasticzer* dan bahan penunda waktu pengikatan. Biasanya digunakan dalam situasi yang memiliki keterbatasan ruang kerja, dimana sumber pengelolaan beton terbatas.

b. Bahan Tambah Mineral

Bahan tambah mineral saat ini banyak diaplikasikan ke dalam campuran beton yang bertujuan untuk mengurangi pemakaian jumlah semen, mengurangi suhu akibat reaksi hidrasi, mengurangi *bleeding* atau menambah kelecakan beton segar (Nugroho dan Antoni, 2007). Bahan tambah mineral digunakan untuk meningkatkan kinerja beton, sehingga cenderung memiliki sifat penyemenan. Jenis bahan tambah mineral ini terdiri dari berbagai macam varian (Mulyono, 2004) diantaranya:

1. Abu terbang batu bara (*Fly Ash*)
2. *Slag*
3. *Silica Fume*
4. Penghalus gradasi (*Finely Devided Mineral Admixtures*)

Dalam penelitian ini, bahan tambah yang digunakan yaitu Tetes Tebu (*Molase*) yang diperoleh dari Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Berikut penjelasan mengenai tetes tebu.

2.4.5. Tetes Tebu (*Molase*)

Tetes tebu atau dalam istilah ilmiahnya dikenal sebagai *Molase (molasses)* merupakan produk sisa yang dihasilkan dalam proses pembuatan gula. *Molase* diperoleh melalui pemisahan sirup *low grade*, dimana gula dalam sirup tersebut tidak dapat mengkristal lagi karena mengandung glukosa dan fruktosa. Dalam proses pengolahan gula sekitar 5-6 % dari produk yang dihasilkan adalah *Molase*. Meskipun mengandung gula, *Molase* tidak cocok untuk dikonsumsi karena mengandung kotoran-kotoran selain gula yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

Molase dapat digunakan dalam berbagai industri, termasuk industri pakan, industri alkohol dan industri kimia, serta berbagai industri lainnya. Dalam bidang konstruksi, tetes tebu (*Molase*) disini digunakan sebagai pengganti *retarder* yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton (Mulyono, 2004). Dalam penelitian ini, tetes tebu yang digunakan merupakan *Molase* jenis *Darkstrap Molasses*, berasal dari Pati, Jawa Tengah. Karena merupakan sisa hasil pengolahan tebu yang sudah tidak dapat mengkristal dan memiliki kandungan sukrosa yang lebih rendah dari dua jenis *Molase* lainnya. Dengan ciri berwarna coklat pekat dan rasa yang tidak terlalu manis dan cenderung pahit.

2.5. Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) adalah serangkaian tindakan yang dilakukan setelah pengecoran beton yang bertujuan untuk menjaga beton tidak mengalami penguapan air terlalu cepat dan menjaga kelembaban serta suhu beton setelah proses *finishing* telah selesai dan waktu *setting* total telah tercapai.

Tujuan dari pelaksanaan *curing* atau perawatan beton ada dua hal, yaitu:

- 1) Memastikan bahwa reaksi hidrasi senyawa semen, termasuk bahan tambahan atau pengganti yang mungkin digunakan, dapat berlangsung secara optimal. Hal ini bertujuan untuk mencapai mutu beton yang diharapkan.
- 2) Mencegah terjadinya susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam yang dapat menyebabkan terbentuknya retakan pada permukaan beton.

Pelaksanaan *curing* atau perawatan beton biasanya dimulai segera setelah beton memasuki fase pengerasan (terutama pada permukaan beton yang terbuka) atau setelah pembukaan bekisting, atau acuan. Proses ini berlangsung selama durasi tertentu untuk memastikan kondisi yang dibutuhkan untuk reaksi kimia dalam campuran beton tetap terjaga dengan baik.

a. Waktu dan Durasi *Curing*

Waktu dan durasi pelaksanaan *curing* dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk:

- Jenis atau tipe semen dan campuran beton yang digunakan, termasuk penggunaan bahan tambahan atau pengganti.
- Jenis tipe ukuran elemen struktur yang sedang dikerjakan.
- Kondisi cuaca, suhu, dan kelembaban di lokasi konstruksi.
- Penetapan nilai kekuatan beton yang menjadi patokan.

b. Kualitas dan Durasi Pelaksanaan *Curing*

Kualitas dan durasi pelaksanaan *curing* beton memiliki dampak yang signifikan pada beberapa aspek:

- Mutu dan kekuatan beton (*strength*)
- Keawetan struktur beton (*durability*)
- Ketahanan terhadap penetrasi air (*water – tightness*)
- Ketahanan terhadap keausan permukaan beton (*wear resistance*)
- Stabilitas volume beton, yang berkaitan dengan susut atau perubahan volume (*volume stability: shrinkage and expansion*).

Beberapa regulasi mengatur pedoman pelaksanaan *curing* atau perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga dan memastikan kualitas dalam proses pengecoran beton.

1) SNI 03-2847-2022 mensyaratkan *curing* selama:

- 7 (tujuh) hari *curing* untuk beton normal.

- 3 (tiga) hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi.
- 2) ACI 318 mengharuskan:
- *Curing* dilakukan hingga mencapai minimal 70% dari kuat tekan beton yang ditentukan ($f'c$)
- 3) ASTM C-150 menetapkan :
- Untuk semen Tipe I, waktu *curing* minimal adalah 7 hari.
 - Untuk semen Tipe II, waktu *curing* minimal adalah 10 hari.
 - Untuk semen Tipe III, waktu *curing* minimal adalah 3 hari.
 - Untuk semen Tipe IV atau V, waktu *curing* minimal adalah 14 hari.

Metode perawatan Beton

2.5.1. *Steam Curing*

Steam Curing (perawatan dengan uap) adalah proses perawatan beton yang melibatkan penggunaan uap air panas untuk mempercepat pengerasan beton. Metode ini digunakan terutama untuk beton pra-tekan, elemen beton pra-cetak dan proyek konstruksi dimana waktu *curing* biasa terbatas atau dimana diperlukan pencapaian kekuatan awal yang cepat.

Proses *steam curing* melibatkan pemaparan beton yang baru dicor kepada uap air panas dengan suhu dikendalikan. Proses ini mempercepat reaksi hidrasi dalam semen dan memungkinkan beton mencapai kekuatan yang diinginkan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan *curing* konvensional dengan air. *Steam curing* dapat membantu mengurangi waktu konstruksi dan memungkinkan pelepasan bekisting lebih cepat.

Menurut Soedjono (1987) proses *steam curing* merupakan proses perawatan beton dengan cara mengalirkan uap panas pada beton dan proses *steam curing* meliputi 4 (empat) tahapan :

1. *Delay* (waktu penundaan): *Steam curing* dengan delay 3-4 jam dan lamanya steam 5 jam pada suhu direncanakan.
2. Pemanasan: Yaitu pemberian uap mula-mula dengan suhu tertentu dan terus naik seiring bertambahnya waktu.
3. *Curing*: Pemberian uap pada suhu tetap dan konstan (sesuai dengan suhu yang direncanakan).
4. Pendinginan: Penurunan suhu hingga mencapai suhu ruangan.

Setiap tahapan memerlukan waktu yang tidak sama, untuk itu perlu dicari waktu yang sangat optimum untuk tiap-tiap tahap yang dapat menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi.

Perawatan dengan uap harus dilakukan dengan hati-hati karena pengaturan suhu yang tidak tepat atau perlakuan yang kurang hati-hati dapat mengakibatkan retakan atau deformasi pada beton. Oleh karena itu, prosedur *steam curing* harus sesuai dengan pedoman dan standar yang berlaku dan biasanya dilakukan oleh operator yang terlatih.

Steam curing adalah Metode yang berguna dalam industri konstruksi untuk memenuhi jadwal proyek yang ketat dan mempercepat pengerasan beton.

2.5.2. Fogging (Penyemprotan)

Fogging atau penyemprotan adalah proses penyemprotan yang bertujuan untuk menghasilkan kabut halus atau partikel air sangat kecil dalam udara. Dalam perawatan *curing* beton, penyemprotan *fogging* melibatkan air dalam bentuk kabut halus ke permukaan beton dan mengurangi penguapan air yang terlalu cepat. Hal ini membantu mencegah retakan permukaan akibat penguapan air yang terlalu cepat dan memungkinkan beton untuk mencapai kekuatan yang optimal selama proses pengerasan.

Fogging dapat digunakan sebagai Metode tambahan atau alternatif untuk penutupan permukaan beton dengan kain plastik atau kain basah. Hal ini terutama berguna dalam situasi dimana perawatan beton perlu dijaga dalam jangka waktu yang lebih lama atau dalam kondisi cuaca yang sangat panas dan kering.

Penting untuk mengatur penyemprotan atau *fogging* dengan benar, termasuk volume air yang disemprotkan dan frekuensinya, untuk memastikan bahwa kelembaban beton tetap terjaga dan proses *curing* berjalan dengan baik sesuai dengan persyaratan beton.

2.5.3. Penggenangan atau perendaman

Penggenangan atau perendaman *curing* beton adalah Metode perawatan beton yang melibatkan perendaman beton dalam air setelah pengecoran untuk memastikan beton tetap dalam kondisi yang lembab selama proses pengerasan. Proses ini sering

digunakan dalam konstruksi struktural, khususnya ketika diperlukan *curing* intensif untuk mencapai kekuatan yang tinggi dan mutu beton yang baik.

Proses penggenangan atau perendaman *curing* beton melibatkan langkah-langkah berikut:

1. Pengecoran beton : proses pengecoran beton dilakukan seperti biasa dan permukaan beton dibiarkan rata dan halus.
2. Pengawasan awal: setelah pengecoran selesai, permukaan beton diawasi untuk memastikan tidak ada kerusakan awal.
3. Penyediaan air: air bersih disediakan dalam jumlah yang mencukupi untuk merendam atau menggenangi beton.
4. Penggenangan atau perendaman: beton direndam dalam air atau genangan air. Beton dapat diberi pelindung untuk mencegah kontaminasi atau pembersihan yang berlebihan. Perendaman biasanya dilakukan selama beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, tergantung pada spesifikasi proyek.

Metode perendaman atau penggenangan *curing* beton efektif dalam mempertahankan kelembaban yang konstan selama proses *curing*. Hal ini membantu mencegah penguapan air terlalu cepat dari beton yang memungkinkan reaksi hidrasi berlangsung secara optimal untuk mencapai kekuatan yang tinggi dan mutu beton yang baik.

2.5.4. Covering

Covering atau selimut dalam perawatan beton biasa dikenal dengan lembaran plastik. ASTM C171 adalah standar yang mengatur pengujian kelembaban lembaran plastik yang digunakan dalam perawatan beton. Standar ini, “ASTM C171 – *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete*,” memuat persyaratan teknik dan spesifikasi yang harus dipenuhi oleh lembaran plastik yang digunakan dalam proses *curing* beton.

Beberapa persyaratan dan spesifikasi yang terdapat dalam ASTM C171 meliputi:

1. Ketebalan: Standar ini mengatur ketebalan minimum yang diperlukan untuk lembaran *curing* beton (biasanya yang digunakan setebal 4 mm).
2. Kualitas plastik: lembaran plastik harus terbuat dari plastik yang sesuai dengan standar tertentu untuk memastikan bahwa bahan tersebut tahan terhadap air dan

cuaca serta tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton (bahan yang sering digunakan yaitu *Polyethylene*).

3. Ukuran dan Kemasan: Standar ini mungkin mengatur ukuran lembaran plastik dan cara pengemasannya.
4. Pengujiannya: ASTM C171 mungkin mengatur Metode pengujian untuk memastikan bahwa lembaran plastik memenuhi persyaratan ketebalan, ketahanan terhadap air, dan sifat-sifat lain yang diperlukan.
5. *Labelling* dan Identifikasi: standar ini juga mengatur label atau tanda identifikasi yang harus ada pada lembaran plastik untuk memudahkan Pengguna dalam mengidentifikasi bahan tersebut.

Lembaran plastik *curing* beton bertujuan untuk mencegah penguapan air terlalu cepat dari beton dan menjaga kelembaban yang diperlukan untuk reaksi hidrasi dalam proses pengerasan beton. Cara penggunaan lembaran plastik *curing* beton adalah dengan menutupi permukaan beton yang baru dicor setelah pengecoran selesai. Lembaran plastik ini dipegang atau diperbaiki di sekeliling beton dengan cara tertentu, sehingga menciptakan “selimut” yang melindungi beton dari penguapan air yang berlebihan.

Kekurangan dari penggunaan lembaran plastik ini yaitu dapat menyebabkan *discoloration* permukaan, lebih terlihat bila lapisan plastik bergelombang dan diperlukan penambahan air secara berkala.

Lembaran *plastic curing* beton adalah salah satu Metode umum untuk perawatan beton dan merupakan cara yang efektif untuk memastikan bahwa beton mencapai kekuatan dan mutu yang diinginkan selama proses pengerasan.

2.5.5. Penutup Basah

Penutup Basah adalah Metode perawatan beton yang melibatkan penutupan permukaan beton yang baru dicor dengan bahan yang dapat mempertahankan kelembaban.

Beberapa hal terkait penutup basah berdasarkan ASTM C171, yaitu:

1. Menggunakan bahan yang mampu menjaga kelembaban, seperti kain *burlap* (karung goni) yang telah dibasahi.
2. Keuntungannya adalah Metode ini tidak mengakibatkan perubahan warna pada beton dan beton tetap tahan terhadap api.

3. Kekurangannya adalah perlu penambahan air secara berkala ke kain *burlap* dan penutup plastik tambahan untuk mengurangi kebutuhan penambahan air

2.5.6. *Curing Compound*

Curing Compound adalah bahan kimia cair atau semprotan yang digunakan dalam perawatan beton. *Curing Compound* digunakan untuk membentuk lapisan pelindung pada permukaan beton yang baru dicor setelah pengecoran selesai. *Curing Compound* dapat digunakan sebagai alternatif atau tambahan untuk Metode tradisional seperti penutupan dengan kain basah atau penyemprotan air secara berkala.

Keuntungan dari penggunaan *Curing Compound* meliputi:

1. Mudah diaplikasikan
2. Menghemat air
3. Mencegah retakan permukaan
4. Kemampuan mengontrol suhu

Kelemahan dari penggunaan *Curing Compound*, yaitu:

1. Biaya lebih mahal dibandingkan perawatan beton konvensional.
2. Kinerja tergantung produk, kualitas *Curing Compound* dapat bervariasi antara produk yang berbeda, sehingga pemilihan produk yang tepat sangat penting.
3. Pembersihan permukaan setelah *Curing Compound* diperlukan.

Dari beberapa perawatan beton di atas, Metode yang digunakan dalam praktikum kali ini yaitu Metode perendaman. Selain mudah diaplikasikan juga sangat ekonomis serta dapat dilakukan dimana saja asal ada wadah yang dapat menampung air.

2.6. Penelitian Terdahulu

Sejak ditemukannya tetes tebu, banyak penelitian yang terus menerus dilakukan untuk meningkatkan kualitas tetes tebu, hingga menciptakan energi terbarukan. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu tentang tetes tebu.

1. Syahman, Ahmaad Prima. (2014). “Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton”. Penambahan limbah tetes tebu sebanyak 0,25% terhadap berat semen akan memperlambat waktu ikat

semen menjadi 210 menit dengan kuat tekan beton 31,9 MPa di umur beton 28 hari, sementara penambahan limbah tetes tebu sebanyak 0,50% akan memperlambat waktu ikat beton menjadi 240 menit dengan kuat tekan beton 29,44 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan rata-rata pada beton untuk variasi campuran limbah Tetes Tebu pada konsentrasi 0%; 0,25%; 0,50%; 0,75% berturut-turut sebesar: 22,47 MPa; 31,9 MPa; 29,44 MPa dan 10,42 MPa, pada umur rencana 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah 20 MPa.

2. Andriansyah, dinda Bayu. (2018). "Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton". Nilai kuat tekan dan waktu ikat awal pada penambahan variasi tetes tebu sebesar 0%; 0,20%; 0,25%; 0,30%, 0,35%; 0,40%; 0,45%; 0,50%; 0,55%. Kuat tekan optimal pada umur 28 hari terjadi pada penambahan tetes tebu sebesar 0,35% dari berat semen, yaitu sebesar 32,268 MPa dari kuat tekan rencana 25 MPa. Dan penambahan tetes tebu pada campuran beton paling lambat ada pada variasi 0,55% yaitu 330 menit. Sedangkan pada benda uji 0% atau tanpa bahan tambahan didapat hasil waktu ikat 180 menit.

3. Mohamad Raynaldi Aizhar, Budi Kudwadi. (2022). "PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH TETES TEBU TERHADAP WAKTU IKAT (*Setting Time*) SEMEN" Pengujian meliputi Waktu Ikat Semen (*Setting Time*), Bahan Tambah Tetes Tebu. Variabel pada penelitian ini adalah pasta yang ditambahkan dengan bahan tambah berupa tetes tebu. Sampel dibuat berdasarkan penambahan tetes tebu dalam campuran beton, yaitu 0%; 0,175%; 0,2%; 0,225%; 0,25%; 0,275% dan 0,3% dari berat semen. Jumlah sampel yang digunakan adalah 7 sampel untuk uji waktu ikat semen, jumlah tersebut didasarkan dari 3 buah sampel pada setiap variasi campuran untuk 1 kali uji kuat tekan, uji kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dengan menggunakan benda uji sebesar 300 gram semen dengan jumlah air sama setiap sampel 135 ml atau faktor air semen 0,45. Hasil pengujian Penambahan tetes tebu dapat menghambat waktu ikat semen, diperoleh waktu ikat semen maksimum pada variasi tetes tebu 0,3% terhadap berat semen yaitu 165 menit. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan waktu ikat berbanding lurus dengan penambahan tetes tebu pada beton.

4. Edwin, Alief Maulid. (2022). "Pengaruh Tetes Tebu (*Molasses*) pada Campuran Beton Ditinjau Terhadap Waktu Ikat Awal dan Kuat Tekan". Nilai kuat

tekan berturut-turut pada umur 7 hari untuk beton dengan penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; 0,60% sebesar 11,06 MPa; 5,47 MPa; 20,09 MPa dan 17,83 MPa. Sedangkan pada umur 14 hari dengan variasi penambahan tetes tebu sebesar 0%; 0,20%; 0,40%; 0,60% diperoleh hasil 14,62 MPa; 6,88 MPa; 22,64 MPa dan 19,39 MPa. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 21 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 16,88 MPa, 10,75 MPa, 22,92 MPa dan 19,15 MPa. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 28 hari untuk beton penambahan tetes tebu 0%; 0,20%; 0,40%; dan 0,60% sebesar 20,09 MPa, 10,94 MPa, 23,48 MPa dan 23,67 MPa. Nilai waktu ikat awal pada beton tercepat ada pada penambahan variasi tetes tebu 0,40% dengan waktu 85 menit. Pada variasi 60% dengan waktu ikat awal 100 menit. Pada penambahan 0% dengan waktu 150 menit. Dan pada variasi 0,20% dengan waktu ikat 170 menit. Penggunaan tetes tebu dengan penambahan pada beton normal berdampak signifikan pada waktu ikat awal beton.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Persiapan

Pada penelitian ini menggunakan Metode eksperimental-laboratoris. Dalam Metode ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana bahan limbah tetes tebu (*Molase*) bereaksi terhadap beton. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda berupa beton silinder tanpa tulangan dengan dimensi 15 x 30 cm. Dengan penambahan *Molase* secara bervariasi (0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Bahan Fakultas Teknik Unissula.

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah :

1. Mempersiapkan alat tulis, skema kerja dan *logbook* untuk mencatat data secara rutin selama penelitian.
2. Kemudian, membersihkan semua peralatan dari kotoran sebelum digunakan
3. Setelah itu, menyiapkan dan menakar semua bahan sesuai kebutuhan
4. Selanjutnya, memastikan ruang cetakan yang diisi beton sudah bersih dari kotoran
5. Lalu, mengecek ketelitian timbangan digital yang digunakan, yaitu 1 gram
6. Terakhir, memeriksa semua peralatan apakah sudah sesuai dengan *standard* dan dapat digunakan.

3.2. Bahan

Dalam pembuatan beton terdiri dari *Portland Cement*, agregat halus, Agregat Kasar, air dan bahan tambah. Dalam pembuatannya memiliki fungsi dan pengaruh yang berbeda. Dalam perbandingan, campuran yang digunakan adalah jumlah yang lebih ekonomis dan efektif.

3.2.1. *Portland Cement*

Portland Cement merupakan semen hidrolik yang umumnya mengandung kalsium sulfat sebagai bahan tambah yang digiling bersama-sama dengan material campuran beton. Dalam penelitian ini semen yang akan digunakan merupakan

jenis *Ordinary Portland Cement (OPC)* atau Tipe I, yang di produksi oleh PT SEMEN GROBOGAN dalam kemasan 1 zak 40 kg.

3.2.2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus merupakan agregat yang berukuran 4,76 mm yang dihasilkan oleh alam, dalam pembuatan beton agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang lolos saringan No. 4 dan tertahan oleh saringan No. 200. (SNI 03-6820-2002). Dalam pengujian ini agregat halus yang (pasir) yang dipakai adalah jenis pasir muntilan. Pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat halus meliputi :

- Pemeriksaan Berat Volume agregat
- Pemeriksaan Kadar Lumpur agregat (pencucian pasir lewat ayakan No. 200)
- Pemeriksaan Kadar Air agregat
- Pemeriksaan Analisa Saringan

3.2.3. Agregat Kasar

Agregat Kasar merupakan agregat yang ukuran butirannya tertahan pada ayakan ukuran 5 mm dan lolos di ayakan ukuran 40 mm, Agregat Kasar yang baik untuk pengikatan campuran beton adalah yang memiliki tekstur cukup kasar, tidak pipih, bulat atau pun panjang dan bersudut banyak (SNI 03-2461-1991). Dalam pengujian ini Agregat Kasar yang dipakai diperoleh dari PT. NARESWARA TIRTA AMERTHA Pengujian yang akan dilakukan terhadap agregat halus meliputi :

- Pemeriksaan Berat Volume agregat
- Pemeriksaan Kadar Lumpur agregat (pencucian pasir lewat ayakan No. 200)
- Pemeriksaan Kadar Keausan menggunakan mesin *Los Angeles*
- Pemeriksaan Analisa Saringan

3.2.4. Air

Pada pengujian kali ini air yang digunakan untuk pembuatan sempel merupakan air yang berasal dari sumber air bersih. secara pengamatan visual air yang digunakan yaitu air yang jernih, tidak berwarna dan tidak mengandung zat organik dan minyak.

Dalam hal ini air yang dipakai berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Unissula.

3.2.5. Tetes Tebu (*Molase*)

Molase atau yang biasa disebut dengan tetes tebu sering digunakan sebagai campuran pakan ternak, pupuk tanaman, serta bahan pembuatan *alcohol*. Dalam pembuatan *Molase* merupakan hasil limbah penyulingan tebu, dalam hal ini *Molase* sebenarnya memiliki manfaat yang berfungsi meningkatkan kualitas mutu beton. Jenis *Molase* yang digunakan dalam pengujian ini berasal dari limbah pabrik gula yang berlokasi di Desa Trangkil, Kecamatan Trangkil, Kabupaten Pati.

3.3. Peralatan

Dalam pelaksanaan penelitian ini memerlukan beberapa peralatan pengujian diantaranya.

- Penggaris
- Cetakan beton
- Ayakan/saringan dan mesin penggetar *siever*
- *Mixer*
- Timbangan
- Gelas ukur dan piknometer
- Kerucut Abrams dan tongkat penusuk
- *Compression Testing Machine*.

3.4. Pembuatan Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji secara garis besar, penelitian ini dilakukan melalui 4 (empat) tahapan diantaranya :

Tahap I : Pengetesan sifat bahan agregat halus, kasar dan karakteristik *Molase*

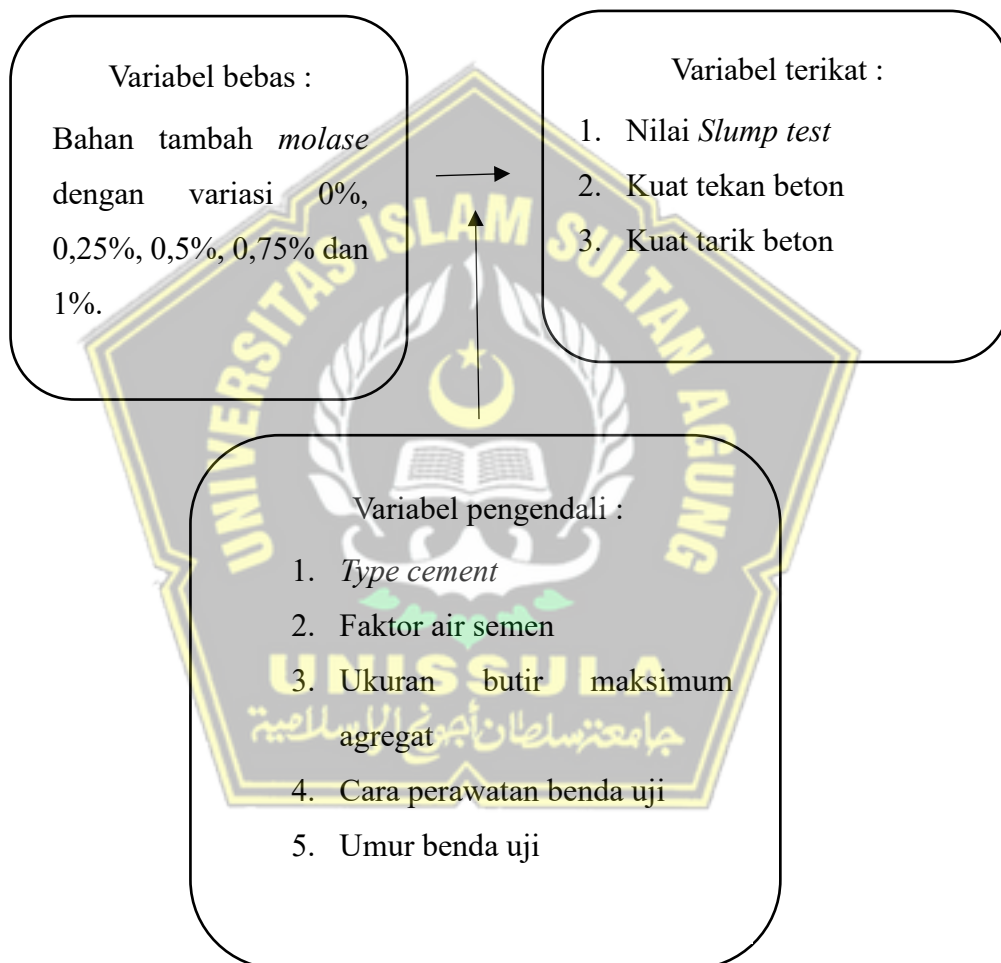
Tahap II : rencana perhitungan campuran (*mix design*)

Tahap III : pengujian *Slump flow test*, pemeriksaan volume beton, uji kuat tekan dan kuat tarik beton.

Tahap IV : menganalisa dan interpretasi hasil penelitian dengan menggunakan Metode deskriptif dan kuantitatif.

Dari tahapan yang ada diatas maka dapat dihasilkan beberapa variabel penelitian, dari pengertiannya sendiri, variabel penelitian merupakan suatu bentuk yang ditetapkan pada peneliti untuk dipelajari dan diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian menghasilkan kesimpulan

Adapun *variabel* penelitian yang digunakan ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3.1 variabel penelitian

3.5. Penggunaan Tetes Tebu

Bahan tambah yang digunakan untuk tugas akhir kami adalah tetes tebu pengganti *Set-Retarder*.

Adapun variasi yang kami gunakan yaitu : 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%

Dalam perhitungannya, menggunakan rumus sebagai berikut :

Rumus :

- $M2 = \frac{\% M1}{M3}$ (3.1)

- $M4 = (M2 \times V1)$ (3.2)

Keterangan :

V1 = Volume beton silinder

M1 = Volume semen dalam 1 m³

M2 = Berat tetes tebu dalam volume 1 m³

M3 = Berat jenis tetes tebu

M4 = berat tetes tebu untuk setiap variasi

Tabel 3.1. Komposisi bahan untuk setiap variasi

variasi	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Batu Pecah 1 -2 (Kg)	Batu Pecah 2 - 3 (Kg)	Air (L)	Tetes Tebu (%)
I	8,5	15,02	8,036	15,53	8,2	-
II	8,5	15,02	8,036	15,53	8,2	0,25
III	8,5	15,02	8,036	15,53	8,2	0,5
IV	8,5	15,02	8,036	15,53	8,2	0,75
V	8,5	15,02	8,036	15,53	8,2	1

3.6. Pemeriksaan Material dan Molase

Pengujian yang akan dilakukan adalah uji bahan, uji Slump, uji kuat tekan dan Kuat Tarik Belah beton

3.6.1. Pemeriksaan Agregat Halus

Dalam pengujian agregat halus diantaranya terdiri dari Berat Volume, Kadar Lumpur, Kadar Air dan Analisa Saringan.

3.6.1.1. Kadar Lumpur Agregat

a. Tujuan :

Untuk mencari Kadar persentase lumpur dalam agregat halus atau pasir, kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%. Apabila Kadar Lumpur melebihi batasan maksimum maka agregat harus dicuci

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2002”, Berat satuan agregat rata-rata adalah sebagai berikut (SNI 03-6821-2002) :

- Kadar Lumpur rata-rata agregat halus adalah $< 5 \%$

3.6.1.2. Kadar Air Agregat

a. Tujuan :

Untuk memperoleh angka persentase dari Kadar Air yang terdapat dalam agregat halus. Hasil pengujian ini Kadar Air agregat dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan proporsi campuran dan pengendalian mutu beton.

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2008 tentang Cara Uji Jenis dan Penyerepan Air Agregat Halus” adalah sebagai berikut (SNI 1969:2008) :

Dari data hasil pengujian Kadar Air untuk agregat halus (pasir) harus memenuhi Berat jenis kering $<$ berat jenis SSD $<$ berat jenis semu.

3.6.1.3. Analisa Saringan

a. Tujuan :

Untuk mengetahui butir gradasi dari agregat halus dan menentukan nilai Modulus Kehalusan pasir (FM).

b. Pedoman

$$FM = \frac{\% \text{Komulatif tertahan hingga ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dalam pengujian ini akan menghasilkan *Finess Modulus* diantaranya :

- Pasir Kasar : 2,9 < FM < 3,2
- Pasir Sedang : 2,6 < FM < 2,9
- Pasir Halus : 2,2 < FM < 2,6

Sedangkan untuk batasan gradasi sesuai dengan ASTM C 33 – 74a, dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.2 Batasan gradasi untuk agregat halus (ASTM C 33 – 74a)

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9,5 mm (3/8 in)	100
4,76 mm (No. 4)	95 - 100
2,36 mm (No. 8)	80 - 100
1,19 mm (No. 16)	50 - 85
0,595 mm (No. 30)	25 - 60
0,300 mm (No. 50)	10 - 30
0,150 mm (No. 100)	2 - 10

3.6.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Dalam pengujian Agregat Kasar diantaranya terdiri dari Berat Volume, Kadar Lumpur, Kadar Keausan dan Analisa Saringan

3.6.2.1.Kadar Lumpur Agregat

- a. Tujuan :
Untuk mencari Kadar persentase lumpur dalam Agregat Kasar, kandungan lumpur harus kurang dari 1 %.
- b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2002”, Berat satuan agregat rata-rata adalah sebagai berikut (SNI 03-6821-2002) :

- Kadar Lumpur rata-rata agregat halus adalah < 1 %

Dari data hasil Pengujian Kadar Lumpur rata-rata untuk Agregat Kasar lebih kecil dari satuan yang telah ditetapkan oleh SNI 03-6821-2002.

3.6.2.2. Kadar Keausan

- a. Tujuan

Untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat.

- b. Pedoman

$$\% \text{ Keausan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.4)$$

- Pada pengujian menggunakan mesin *Los Angeles*, persentase tidak boleh lebih dari 27%.

3.6.2.3. Analisa Saringan

- a. Tujuan :

Untuk mengetahui butir gradasi dari Agregat Kasar dan menentukan nilai Modulus Kehalusan pada Agregat Kasar (FM).

- b. Pedoman

$$\text{FM} = \frac{\% \text{ Komulatif tertahan hingga ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots\dots\dots (3.5)$$

Pada pengujian ini Agregat Kasar untuk campuran beton modulus kehalusasn (FM) diantara 5,5 – 7,5.

3.6.3. Uji Karakteristik *Molase*

Dalam pengujian ini dilakukan di Laboratorium PT. Berkah Manis Makmur, yang dimana pengujiannya meliputi :

- Kandungan zat pada *Molase*
- Sifat *Molase*

- Jenis *Molase*

3.7. *Slump Flow Test*

Slump flow test merupakan cara pengujian campuran beton yang bertujuan untuk mengetahui dan juga menentukan konsistensi atau tingkat kekakuan pada campuran beton segar. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai *workability* dari beton yang dibuat. Menurut SNI 1972-2008 dan ICS 91.100.30. Pengujian *Slump* dapat dilakukan dengan peralatan yang terdiri dari :

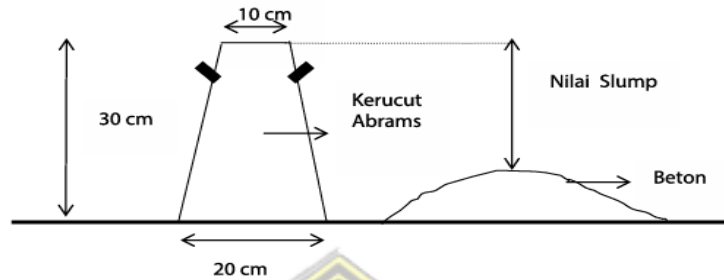
- Corong baja (kerucut *abrams*) dengan ketebalan 1,2 mm, diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Pada kedua sisi corong berhadapan yang keduanya terdapat pegangan yang berfungsi menaikkan konus.
- Tongkat yang berbentuk silinder dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm terbuat dari baja. Pada salah satu ujung tongkat berbentuk *hemispherical* yang berfungsi memudahkan pemadatan adonan beton yang berada di kerucut *abrams*.
- Landasan yang terbuat dari pelat baja dengan permukaan kedap air dan rata.
- Sendok cekung
- Mistar ukur

Dalam pelaksanaan *Slump flow test* terdapat tahapan sebagai berikut :

- Membasahi area dalam cetakan kerucut *abrams* dan pelat menggunakan kain basah.
- Meletakkan kerucut *abrams* di atas pelat.
- Beton segar yang sudah siap lalu di masukan ke dalam cetakan dengan melalui tiga tahapan setiap tahapannya dituangkan dengan 1/3 beton segar terhadap tinggi kerucut dan dipadatkan dengan menusuk menggunakan tongkat sebanyak 25 kali, hingga beton segar menyentuh permukaan masing-masing lapisan.
- Apabila cetakan sudah terisi penuh, permukaan benda uji diratakan dengan tongkat dan area sekitar benda uji di bersihkan.
- Setelah semua siap, cetakan diangkat secara perlahan tegak lurus ke atas, kemudian cetakan di balik dan diletakkan di samping benda uji.

- Kemudian nilai *Slump* diukur dengan cara memakai beda tinggi rata-rata benda uji dengan tinggi cetakan. Nilai toleransi *Slump* adalah kurang dari 2 cm.
- Dalam pengujian ini harus diselesaikan dalam waktu maksimal 2,5 menit

Sketsa pengujian gambar *Slump test* dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.2 Sketsa pengujian *Slump Flow Test*

3.8. Pengujian Beton

Pengujian beton merupakan proses untuk mengetahui kualitas, kekuatan, dan karakteristik pada beton yang digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Adapun beberapa Metode pengujian beton sebagai berikut :

3.8.1. Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton merupakan salah satu pengujian besarnya benda dengan satuan luas yang menyebabkan benda uji beton mengalami kehancuran apabila dibebani dengan gaya tekan yang dihasilkan dari mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Dalam hal ini bertujuan untuk memperoleh nilai estimasi kuat tekan pada beton. Sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan tiap variasi beton. Sehari sebelum pengujian kuat tekan, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman lalu ditimbang beratnya. Pengujian menggunakan mesin kompres elektrik berkapasitas 200 ton.

Kekuatan tekan benda uji beton dihitung menggunakan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.6)$$

- Keterangan :
- $f'c$ = Kekuatan tekan (kg/cm²)
 - P = Beban tekan (kg)
 - A = Luas permukaan benda uji (cm²)



Gambar 3.3. Alat Uji Kuat Tekan Beton

3.8.2. Uji Kuat Tarik Belah

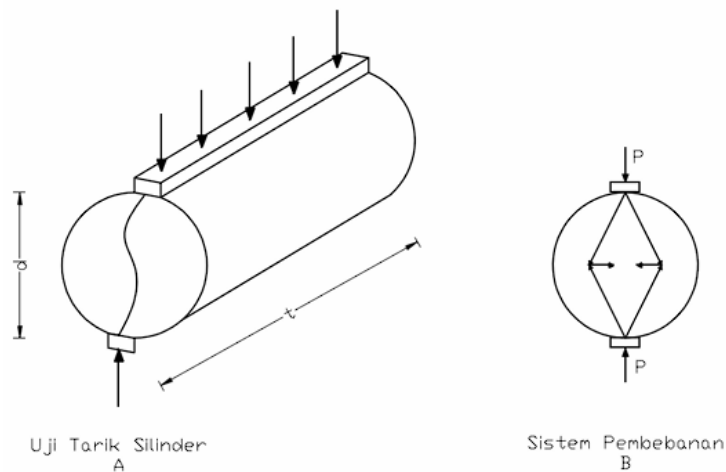
Uji Kuat Tarik Belah beton merupakan kemampuan beton untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus dengan sumbu benda uji, hingga benda uji mengalami patahan yang dinyatakan dalam (MPa) dalam satuan luas (SNI 03-4431-1997). Dalam hal ini bertujuan untuk menghasilkan nilai tegangan tarik pada momen tarik dibagi dengan momen penahan penampang benda uji.

Pada beton normal kekuatan tarik belah relatif rendah berkisar antara 9%-15% dari kuat tekan. Pengujian ini melalui uji *split cylinder*. Dengan nilai pendekatan untuk beton normal $0,57\sqrt{f_c'}$. Sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan tiap variasi beton. Dalam pengujiannya benda uji diletakan memanjang dan diberikan beban merata arah tegak. Apabila benda uji terbelah menjadi dua bagian maka dapat dinyatakan kuat tarik terlampaui. Tegangan tarik yang timbul sewaktu sampel terbelah disebut *Split Cylinder Strength*.

Tegangan tarik belah beton dihitung menggunakan rumus :

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \dots \dots \dots (3.7)$$

- Keterangan :
- F_{ct} = Tegangan tarik beton (kg/cm)
 - P = Beban tekan (kg)
 - L = Panjang silinder (cm)
 - D = Diameter (cm)



Gambar 3.4. Uji *Split Cylinder*

3.9. Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan Metode eksperimen yang akan dilakukan di Laboratorium Mekanika Bahan Fakultas Teknik Unissula Semarang. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana limbah tetes tebu (*Molase*) bereaksi terhadap beton. Dalam penelitian ini diawali dengan alir pengujian sebagai berikut :

1. Mengkaji referensi

Dalam hal ini peneliti mengkaji terlebih dahulu referensi mengenai penelitian terdahulu untuk alternatif sebagai pedoman pada proses penelitian.

2. Persiapan alat dan bahan

Pembuatan benda uji peneliti harus mempersiapkan alat dan bahan seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 3.2 dan 3.3.

3. Uji material

Semua material yang akan digunakan dalam penelitian harus sudah dilakukan uji material yang bertujuan memperoleh komposisi yang tepat dan sesuai dengan pedoman.

4. *Mix Design*

Setelah material memenuhi standar pengujian masuk ke dalam pembuatan campuran beton. Pada penelitian ini peneliti menggunakan campuran pengganti *set retarder* yaitu *Molase* (tetes tebu).

5. Pembuatan benda uji

Tahap pembuatan benda uji dibagi menjadi IV tahap seperti yang sudah peneliti jelaskan pada sub bab 3.4.

6. *Slump Test*

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *Slump Cone* yang bertujuan untuk menguji *filling ability*.

7. Pencetakan

Dalam pencetakan benda uji dicetak menggunakan cetakan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

8. Perawatan

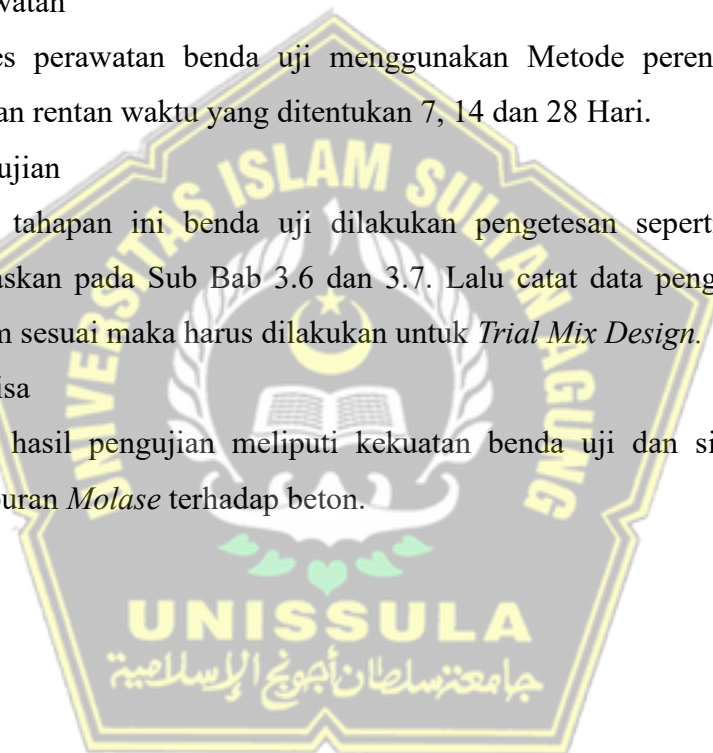
Proses perawatan benda uji menggunakan Metode perendaman sesuai dengan rentan waktu yang ditentukan 7, 14 dan 28 Hari.

9. Pengujian

Pada tahapan ini benda uji dilakukan pengetesan seperti yang sudah dijelaskan pada Sub Bab 3.6 dan 3.7. Lalu catat data pengujian, apabila belum sesuai maka harus dilakukan untuk *Trial Mix Design*.

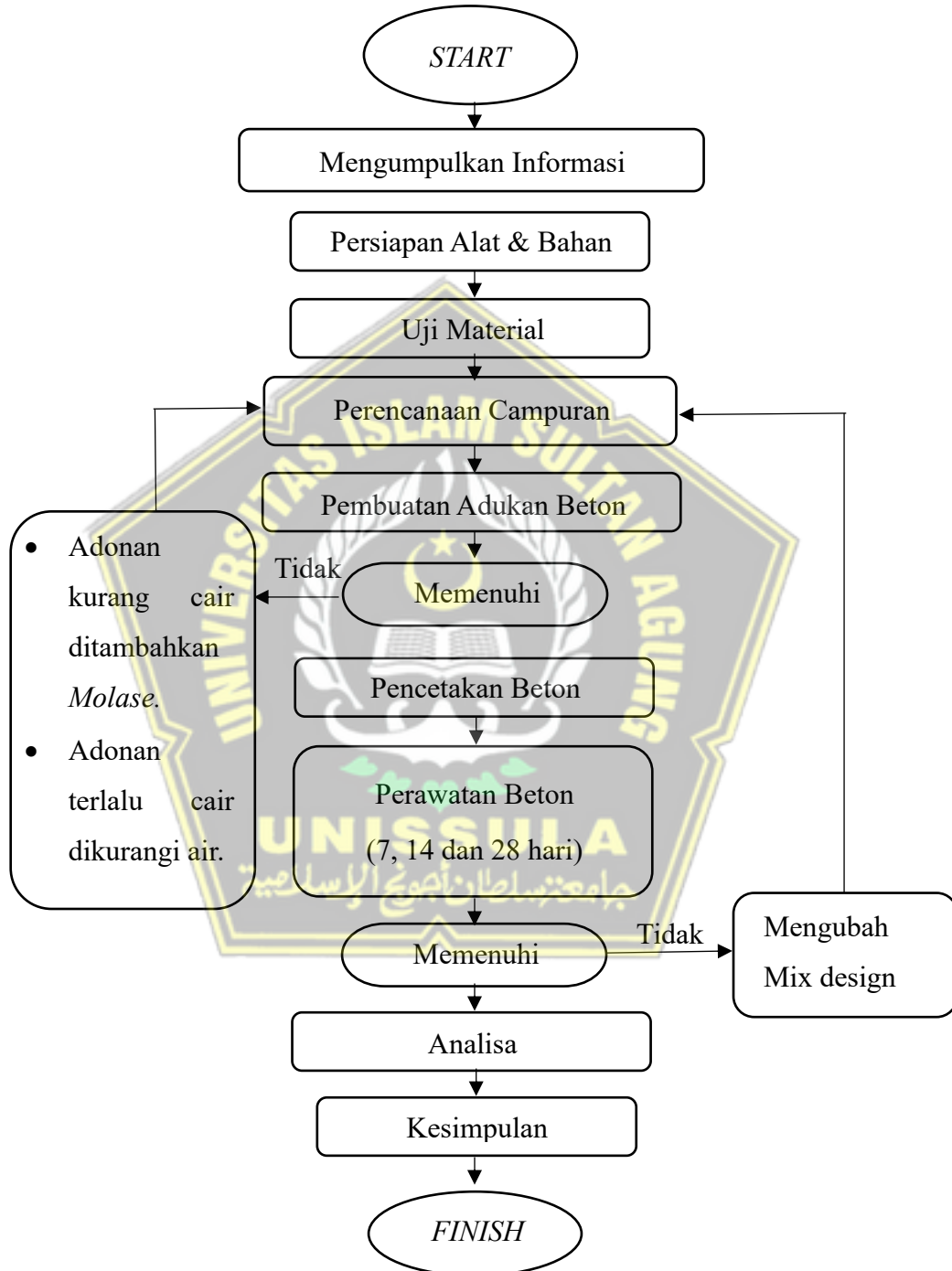
10. Analisa

Pada hasil pengujian meliputi kekuatan benda uji dan sifat dari hasil campuran *Molase* terhadap beton.



3.10. Bagan Alir

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan yang harus dilaksanakan. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5. Bagan alir pembuatan beton normal dan beton dengan campuran tetes tebu

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Material

4.1.1. Agregat Halus

Dalam pengujian agregat halus diantaranya terdiri dari Berat Volume, Kadar Lumpur, Kadar Air dan Analisa Saringan.

4.1.1.1. Kadar Lumpur Agregat

a. Tujuan :

Untuk mencari Kadar/persentase lumpur dalam agregat halus atau pasir, kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5%. Apabila Kadar Lumpur melebihi batasan maksimum maka agregat harus dicuci

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2002”, Berat satuan agregat rata-rata adalah sebagai berikut (SNI 03-6821-2002) :

- Kadar Lumpur rata-rata agregat halus adalah < 5 %

c. Hasil Pemeriksaan

Pada hasil pemeriksaan Kadar Lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (v1)	Volume Lumpur (v2)
1	260 ml	5 ml
2	270 ml	5 ml

(Sumber : Data Pemeriksaan)

Pemeriksaan Kadar Lumpur yang dilakukan menggunakan dua sampel pengujian dengan pengujian 1 sebesar 260 ml dan pengujian 2 sebesar 270 ml. Rumus Pengujian Kadar Lumpur sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\text{Kadar Air rata – rata} = \frac{\text{Kadar lumpur 1} + \text{Kadar lumpur 2}}{2} (\%) \dots (4.2)$$

Maka, perhitungan Kadar Lumpur pada agregat halus adalah

Pengujian 1 =

- v1 = 260 ml
- v2 = 20 ml
- Kadar Lumpur = $\frac{v2}{v1+v2} \times 100\%$
 $= \frac{5}{260+5} \times 100\%$
 $= 1,8 \%$

Pengujian 2 =

- v1 = 270 ml
- v2 = 5 ml
- Kadar Lumpur = $\frac{v2}{v1+v2} \times 100\%$
 $= \frac{5}{270+5} \times 100\%$
 $= 1,8 \%$

Kadar Lumpur Rata - rata =

- Kadar Lumpur 1 = 1,8 %
- Kadar Lumpur 2 = 1,8 %
- Kadar Lumpur = $\frac{\text{Kadar lumpur 1} + \text{Kadar lumpur 2}}{2} (\%)$
 $= \frac{1,8\% + 1,8\%}{2} \times 100\%$
 $= 1,8 \%$

Hasil Pengujian Kadar Lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (v1)	Volume Lumpur (v2)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata – rata (%)
1	260 ml	5 ml	1,8	1,8
2	270 ml	5 ml	1,8	

Dari hasil Pengujian Kadar Lumpur yang telah dilakukan menunjukkan Kadar Lumpur rata - rata agregat halus yang digunakan sebesar 1,8 %.

4.1.1.2. Kadar Air Agregat

a. Tujuan :

Untuk memperoleh angka persentase dari Kadar Air yang terdapat dalam agregat halus. Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan proporsi campuran dan pengendalian mutu beton.

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2011 tentang Cara Uji Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus” adalah sebagai berikut (SNI 1971:2011)

d. Hasil Pemeriksaan

Hasil pemeriksaan Kadar Air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum di Oven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah di Oven (gram)
1	45	300	285
2	45	300	285

(Sumber : Data Pemeriksaan)

Pemeriksaan Kadar Air yang dilakukan menggunakan dua sampel pengujian dengan pengujian 1 sebesar 300 gram. Rumus pengujian Kadar Air sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\text{Kadar Air rata – rata} = \frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2} (\%) \dots\dots\dots (4.6)$$

Keterangan : a = Berat cawan

b = Berat Cawan + agregat sebelum dioven

$$c = \text{Berat Cawan} + \text{agregat Setelah dioven}$$

Maka, perhitungan Kadar Air pada agregat halus dapat dilihat sebagai berikut :

Pengujian 1 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 300 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 285 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{300-285}{285-45} \times 100\%$
 $= 6 \%$

Pengujian 2 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 300 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 285 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{300-285}{285-45} \times 100\%$
 $= 6 \%$

Kadar Air Rata - rata =

- Kadar Air 1 = 6 %
- Kadar Air 2 = 6 %
- Kadar Air rata - rata $= \frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2} (\%)$
 $= \frac{6\% + 6\%}{2} \times 100\%$
 $= 6 \%$

Hasil pengujian Kadar Air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum di Oven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah di Oven (gram)	Kadar Air (%)	Kadar Air Rata – rata (%)
1	45	300	285	6	6
2	45	300	285	6	

Dari hasil pengujian Kadar Air yang telah dilakukan menunjukkan Kadar Air agregat halus yang digunakan mengalami penurunan berat sampel sebesar 5 gram pada masing – masing percobaan dengan nilai Kadar Air rata - rata 6%.

4.1.1.3. Analisa Saringan

a. Tujuan :

Untuk mengetahui butir gradasi dari agregat halus dan menentukan nilai Modulus Kehalusan pasir (FM).

b. Pedoman

$$FM = \frac{\% \text{ Kumulatif tertahan hingga ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100} \dots\dots\dots (4.7)$$

Dalam pengujian ini akan menghasilkan *Fine Modulus* diantaranya :

- Pasir Kasar : 2,9 < FM < 3,2
- Pasir Sedang : 2,6 < FM < 2,9
- Pasir Halus : 2,2 < FM < 2,6

Sedangkan untuk batasan gradasi sesuai dengan ASTM C 33 – 74a, dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Batasan gradasi untuk agregat halus (ASTM C 33 – 74a)

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9,5 mm (3/8 in)	100
4,76 mm (No. 4)	95 - 100
2,36 mm (No. 8)	80 - 100
2 mm (No. 16)	50 - 85
0,595 mm (No. 30)	25 – 60
0,150 mm (No. 50)	10 – 30
0,075 mm (No. 100)	2 – 10

c. Hasil Pengujian

Pengujian Analisa Saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan ASTM	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat
1	9,5 mm (3/8 in)	45	45	0
2	4,76 mm (No. 4)	45	60	15
3	2,36 mm (No. 8)	45	140	95
4	2 mm (No. 16)	45	115	70
5	0,595 mm (No. 30)	45	505	460
6	0,15mm (No. 50)	45	325	280
7	0,075 mm (No. 100)	45	80	35
8	Pan	45	45	0
Jumlah				955

(Sumber : Data Pengujian)

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.8)$$

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 gr

Berat agregat setelah disaring = 955 gr

$$\begin{aligned} \text{Berat kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \% \\ &= \frac{1000-950}{1000} \times 100 \% \\ &= 4,5\% \end{aligned}$$

a. Persentase agregat tertinggal = $\frac{c}{\Sigma c} \times 100 \%$

1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 = $\frac{0}{955} \times 100 \% = 0 \%$

2. Tertahan komulatif ϕ 4,76 = $\frac{15}{955} \times 100 \% = 1,57 \%$

3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 = $\frac{95}{955} \times 100 \% = 9,95 \%$

4. Tertahan komulatif ϕ 2 = $\frac{70}{955} \times 100 \% = 7,33\%$

5. Tertahan komulatif ϕ 0,595 = $\frac{460}{955} \times 100 \% = 48,17 \%$

6. Tertahan komulatif ϕ 0,15 = $\frac{280}{955} \times 100 \% = 29,32 \%$

7. Tertahan komulatif ϕ 0,075 = $\frac{25}{955} \times 100 \% = 3,66 \%$

b. Persentase agregat tertinggal

1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 = $(0 + 0)\% = 0 \%$

2. Tertahan komulatif ϕ 4,76 = $(0 + 1,57) = 1,57 \%$

3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 = $(1,57 + 9,95) = 11,25 \%$

4. Tertahan komulatif ϕ 2 = $(11,52 + 7,33) = 18,85\%$

5. Tertahan komulatif ϕ 0,595 = $(18,85 + 48,17) = 67,02 \%$

6. Tertahan komulatif ϕ 0,15 = $(67,02 + 29,32) = 96,34 \%$

7. Tertahan komulatif ϕ 0,075 = $(96,34 + 3,67) = 100 \%$

c. Persentase agregat tertinggal = 100 % - komulatif tertinggal

1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 = $100\% - 0 \% = 100 \%$

2. Tertahan komulatif ϕ 4,76 = $100\% - 1,57 \% = 1,57 \%$

3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 = $100\% - 11,52 \% = 11,25 \%$

4. Tertahan komulatif ϕ 2 = $100\% - 18,85\% = 18,85\%$
5. Tertahan komulatif ϕ 0,595 = $100\% - 67,02\% = 67,02\%$
6. Tertahan komulatif ϕ 0,15 = $100\% - 96,34\% = 96,34\%$
7. Tertahan komulatif ϕ 0,075 = $100\% - 100\% = 0\%$

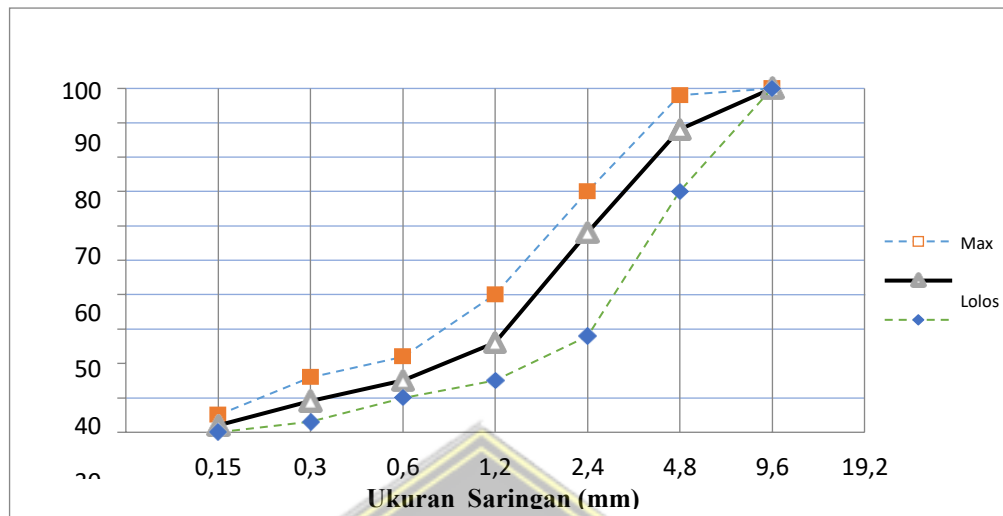
Dari hasil perhitungan Analisa Saringan agregat halus yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 4.7** di bawah ini.

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan ASTM (mm)	Berat Agregat (g)	Persentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	Persentase <i>finer</i> (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1	9,5 mm (3/8 in)	0	0	0	100	100	100
2	4,76 mm (No. 4)	15	1,57	1,57	98,43	95	100
3	2,36 mm (No. 8)	95	9,95	11,52	88,48	80	100
4	2 mm (No. 16)	70	7,33	18,85	81,15	50	85
5	0,595 mm (No. 30)	460	48,15	67,02	32,98	25	60
6	0,15mm (No. 50)	280	29,32	96,34	3,66	0	10
7	0,075 mm (No. 100)	35	3,66	100	0	-	-
No.	Ukuran Saringan ASTM (mm)	Berat Agregat (g)	Persentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	Persentase <i>finer</i> (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
Jumlah		955	99,98	295,3	404,7	-	-

(Sumber : Hasil Analisa Saringan Agregat Halus)

Dari hasil perhitungan Analisa Saringan agregat halus didapatkan hasil pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus
(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan Gambar Analisa Saringan agregat halus di atas, maka agregat halus yang digunakan sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan.

4.1.2. Agregat Kasar

Dalam pengujian Agregat Kasar diantaranya terdiri dari Berat Volume, Kadar Lumpur, Kadar Keausandan Analisa Saringan

4.1.2.1. Kadar Lumpur Agregat

a. Tujuan :

Untuk mencari Kadar persentase lumpur dalam Agregat Kasar, kandungan lumpur harus kurang dari 1 %.

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2002”, Berat satuan agregat rata-rata adalah sebagai berikut (SNI 03-6821-2002) :

- Kadar Lumpur rata-rata Agregat Kasar adalah < 1 %

Dari data hasil Pengujian Kadar Lumpur rata-rata untuk Agregat Kasar lebih kecil dari satuan yang telah ditetapkan oleh SNI 03-6821-2002.

c. Hasil Pemeriksaan

Pada hasil pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + agregat sebelum dicuci (gram)	Berat Cawan + agregat setelah dicuci (gram)
1	45	260	225
2	45	275	270

(Sumber : Data Pemeriksaan)

Pemeriksaan Kadar Lumpur yang dilakukan menggunakan dua sampel pengujian dengan pengujian 1 sebesar 260 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci 225 gram dan pengujian 2 sebesar 275 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci menjadi 270 gram. Rumus Pengujian Kadar Lumpur sebagai berikut :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots \dots \dots (4.9)$$

$$\text{Kadar Lumpur rata - rata} = \frac{\text{Kadar lumpur 1} + \text{Kadar lumpur 2}}{2} (\%) \dots (4.10)$$

Keterangan : a = Berat cawan

b = Berat Cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat Cawan + agregat setelah dioven

Maka, perhitungan Kadar Air pada agregat halus dapat dilihat sebagai berikut :

Pengujian 1 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 260 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 258 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{260-258}{258-45} \times 100\%$
 $= 0,9 \%$

Pengujian 2 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 275 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 273 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{275-273}{273-45} \times 100\%$
 $= 0,8 \%$

Kadar Air Rata - rata =

- Kadar Air 1 = 0,9 %
- Kadar Air 2 = 0,8 %
- Kadar Air rata – rata $= \frac{\text{Kadar lumpur 1} + \text{Kadar lumpur 2}}{2} (\%)$
 $= \frac{0,9\% + 0,8\%}{2} \times 100\%$
 $= 0,85 \%$

Hasil pengujian Kadar Air Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum di Oven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah di Oven (gram)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata – rata (%)
1	45	260	258	0,9	0,85
2	45	275	273	0,8	

Dari hasil Pengujian Kadar Lumpur yang telah dilakukan menunjukkan Kadar Lumpur Agregat Kasar yang digunakan mengalami penurunan berat sampel percobaan 1 sebesar 2 gram percobaan dengan nilai Kadar Lumpur rata - rata 0,85%.

4.1.2.2. Kadar Air Agregat

a. Tujuan :

Untuk memperoleh angka persentase dari Kadar Air yang terdapat dalam Agregat Kasar. Hasil pengujian ini Kadar Air agregat dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan proporsi campuran dan pengendalian mutu beton.

b. Pedoman

Berdasarkan “Standar Nasional Indonesia, 2011 tentang Cara Uji Jenis dan Penyerepan Air Agregat Kasar” adalah sebagai berikut (SNI 1971:2011) :

c. Hasil Pemeriksaan

Pada hasil pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum di Oven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah di Oven (gram)
1	45	574	563
2	45	574	563

(Sumber : Data Pemeriksaan)

Pemeriksaan Kadar Air yang dilakukan menggunakan dua sampel pengujian dengan pengujian 1 dan 2 sebesar 563 gram. Rumus pengujian Kadar Air sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.11)$$

$$\text{Kadar Air rata – rata} = \frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2} (\%) \dots\dots\dots (4.12)$$

Keterangan : a = Berat cawan

b = Berat Cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat Cawan + agregat setelah dioven

Maka, perhitungan Kadar Air pada agregat halus dapat dilihat sebagai berikut :

Pengujian 1 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 574 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 563 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{574-563}{563-45} \times 100\%$
 $= 2 \%$

Pengujian 2 =

- Berat cawan (A) = 45 gram
- Berat Cawan + agregat sebelum dioven (B) = 574 gram
- Berat Cawan + agregat setelah dioven (C) = 563 gram
- Kadar Air $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{574-563}{563-45} \times 100\%$
 $= 2 \%$

Kadar Air Rata - rata =

- Kadar Air 1 = 2 %
- Kadar Air 2 = 2 %
- Kadar Air rata - rata $= \frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2} (\%)$
 $= \frac{2\%+2\%}{2} \times 100\%$
 $= 2 \%$

Hasil pengujian Kadar Air Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum di Oven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah di Oven (gram)	Kadar Air (%)	Kadar Air Rata – rata (%)
1	45	574	563	2	2
2	45	574	563	2	

Dari hasil pengujian Kadar Air yang telah dilakukan menunjukkan Kadar Air Agregat Kasar yang digunakan mengalami penurunan berat sampel sebesar 11 gram pada masing – masing percobaan dengan nilai Kadar Air rata - rata 2%.

4.1.2.3. Analisa Saringan

a. Tujuan :

Untuk mengetahui butir gradasi dari Agregat Kasar dan menentukan nilai Modulus Kehalusan pada Agregat Kasar (FM).

b. Pedoman

$$FM = \frac{\% \text{ Komulatif tertahan hingga ayakan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

Pada pengujian ini Agregat Kasar untuk campuran beton modulus kehalusasn (FM) diantara 5,5 – 7,5.

c. Hasil Pengujian

Pengujian Analisa Saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan ASTM (mm)	Berat Cawan (g)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat
1	25	45	55	10
2	19	45	375	330
3	12,5	45	450	405
Jumlah				745

(Sumber : Data Pengujian)

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.13)$$

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 gr

Berat agregat setelah disaring = 745 gr

$$\begin{aligned} \text{Berat kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \% \\ &= \frac{1000-745}{1000} \times 100 \% \\ &= 25,5\% \end{aligned}$$

a. Persentase agregat tertinggal $= \frac{c}{\sum c} \times 100 \%$

1. Tertahan kumulatif ϕ 25 $= \frac{25}{745} \times 100 \% = 1,34 \%$

2. Tertahan kumulatif ϕ 19 $= \frac{19}{745} \times 100 \% = 44,30 \%$

3. Tertahan kumulatif ϕ 12,5 $= \frac{12,5}{745} \times 100 \% = 54,36 \%$

b. Persentase agregat tertinggal

1. Tertahan kumulatif ϕ 9,5 $= (0 + 1,34)\% = 1,34 \%$

2. Tertahan kumulatif ϕ 4,76 $= (1,34 + 44,30)\% = 45,64 \%$

3. Tertahan kumulatif ϕ 2,36 $= (45,64 + 54,36)\% = 100 \%$

- c. Persentase agregat tertinggal = 100 % - komulatif tertinggal
1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 = $(100 - 1,34)\% = 98,66 \%$
 2. Tertahan komulatif ϕ 4,76 = $(100 - 45,30)\% = 54,70 \%$
 3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 = $(100 - 100)\% = 0 \%$

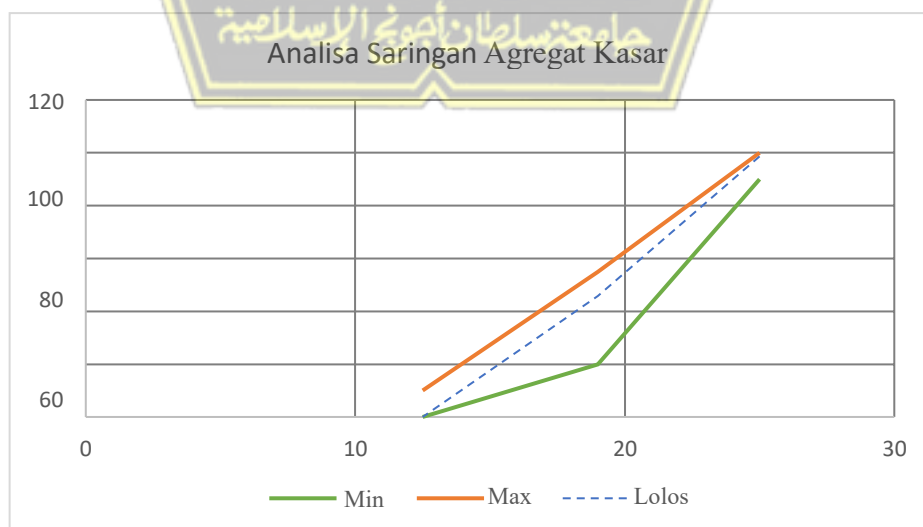
Dari hasil perhitungan Analisa Saringan agregat halus yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar

No	Ukuran Saringan ASTM (mm)	Berat Agregat (g)	Persentase Agregat Tertinggal (%)	Komulatif Agregat Tertinggal (%)	Persentase <i>Finer</i> (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1	25	10	1,34	1,34	98,66	90	100
2	19	330	44,30	45,30	54,7	20	55
3	12,5	405	54,36	100	0	0	100
Jumlah		745	100	146,64	153,7	-	-

(Sumber : Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar)

Dari hasil perhitungan Analisa Saringan Agregat Kasar didapatkan hasil pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Analisa Saringan Agregat Halus
(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan Gambar Analisa Saringan agregat halus di atas, maka agregat halus yang digunakan sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan.

4.1.3. Uji Karakteristik *Molase*

Dari hasil pengujian laboratorium yang di lakukan di PT. Berkah Manis Makmur, maka di dapat data sebagai berikut :

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Laboratorium PT. Berkah Manis Makmur

PARAMETER	UNIT	RESULT	METODE
<i>Brix</i>	%	76,00	DIGITAL REFRACTOMETER
<i>Polarization</i>	°Z	43,30	ICUMSA GS 5/7 – 15, 2011
<i>Purity (Pty)</i>	%	56,97	CALCULATION
<i>Ash Conductivity</i>	%	5,46	ICUMSA GS1/3/4/7/8 – 13, 1994
<i>pH</i>		5,04	ICUMSA GS 1/2/3/4/7/8/9 – 23, 2009
<i>Reducing Sugar</i>	%	5,65	ICUMSA GS 2/3 – 5, 2005
<i>Total Sugar as Invert (TSI)</i>	%	61,29	ICUMSA GS 4/3 – 7, 2011

Pengujian *Molase* menghasilkan paramater diantaranya :

1. *Brix* merupakan jumlah zat padat semu dari larutan dalam gram setiap 100 gram larutan berair, pada pengujian *Molase* terdapat kandungan *Brix* sebanyak 76% dengan menggunakan Metode DIGITAL REFRACTOMETER
2. Pada *Molase* terdapat *Polarization* dengan menggunakan Metode ICUMSA GS 5/7 – 15, 2011 menghasilkan 43,30 °Z.

3. *Purity Molase* merupakan ukuran kemurnian *Molase* atau tetes tebu, *Purity Molase* menunjukkan kandungan sukrosa yang terkandung di dalamnya. Pada pengujian ini mendapatkan hasil pengujian 56,7 % menggunakan Metode CALCULATION.
4. *Ash Conductivity* adalah ukuran kemampuan *Molase* untuk menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi kandungan abu atau mineral dalam *Molase*. Dalam pengujian ini menghasilkan 5,46 % dengan menggunakan Metode ICUMSA GS1/3/4/7/8 – 13, 1994.
5. Dari hasil pengujian *Molase* dengan Metode ICUMSA GS 1/2/3/4/7/8/9 – 23, 2009 mendapatkan hasil *pH* 5,04.
6. *Reducing Sugar Molase* terdiri dari glukosa, fruktosa, dan maltosa dalam hal ini *Reducing Sugar Molase* memiliki peran penting sebagai proses fermentasi. Parameter yang dihasilkan 5,65 % dengan Metode ICUMSA GS 2/3 – 5, 2005.
7. Total *Sugar as Invert* (TSI) merupakan jumlah total gula yang terdapat dalam suatu larutan dihitung sebagai gula reduksi setelah larutan tersebut dikonversi dengan hasil 61,29% dengan Metode ICUMSA GS 4/3 – 7, 2011.

4.1.3.1. Penggunaan Tetes Tebu

Bahan tambah yang digunakan untuk Tugas Akhir ini adalah tetes tebu pengganti *Set-Retarder*.

Adapun variasi yang digunakan yaitu : 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%

Dalam perhitungannya, menggunakan rumus sebagai berikut :

Rumus :

$$M2 = \frac{\% M1}{M3} \dots\dots\dots (4.14)$$

$$M4 = (M2 \times V1) = M2 \times 0,0053 \dots\dots\dots (4.15)$$

Keterangan :

V1 = Volume beton silinder

M1 = Volume semen dalam 1 m³

M2 = Berat tetes tebu dalam volume 1 m³

M_3 = Berat jenis tetes tebu

M_4 = berat tetes tebu untuk setiap variasi

Dan kebutuhan tetes tebu dalam 1 m³ adalah :

- a. Variasi I : $M_2 = \frac{0\% \times 425}{1,5} = 0 \text{ ml}$
- b. Variasi II : $M_2 = \frac{0,25\% \times 425}{1,5} = 708 \text{ ml}$
- c. Variasi III : $M_2 = \frac{0,5\% \times 425}{1,5} = 1.416 \text{ ml}$
- d. Variasi IV : $M_2 = \frac{0,75\% \times 425}{1,5} = 2.125 \text{ ml}$
- e. Variasi V : $M_2 = \frac{1\% \times 425}{1,5} = 2.833 \text{ ml}$

Pada Tugas Akhir ini, untuk kebutuhan volume beton 0,0159 m³ untuk setiap variasi.

Maka, kebuttuhan tetes tebu pada setiap variasi adalah :

- a. Variasi I : $M_2 = (0 \times 0,0159) = 0 \text{ ml}$
- b. Variasi II : $M_2 = (708 \times 0,0159) = 11,2572 \text{ ml}$
- c. Variasi III : $M_2 = (1.416 \times 0,0159) = 22,5144 \text{ ml}$
- d. Variasi IV : $M_2 = (2.125 \times 0,0159) = 33,7875 \text{ ml}$
- e. Variasi V : $M_2 = (2.833 \times 0,0159) = 45,0447 \text{ ml}$

Tabel 4.15. Komposisi bahan unruk setiap variasi

variasi	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Batu Pecah 1 -2 (Kg)	Batu Pecah 2 - 3 (Kg)	Air (L)	Tetes Tebu (ml)
I	8,5	15,02	8,036	15,53	2,4	-
II	8,5	15,02	8,036	15,53	2,4	11,2572
III	8,5	15,02	8,036	15,53	2,4	22,5144
IV	8,5	15,02	8,036	15,53	2,4	33,7875
V	8,5	15,02	8,036	15,53	2,4	45,0447

(Sumber : Hasil Analisa)



Gambar 4.3 Komposisi *Molase* setiap variasi menggunakan gelas ukur

4.2. Nilai *Slump*

Slump flow test merupakan cara pengujian campuran beton yang bertujuan untuk mengetahui dan juga menentukan konsistensi atau tingkat kekakuan pada campuran beton segar. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai *workability* dari beton yang dibuat. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor diantaranya :

- Gradasi agregat
- Volume udara pada adukan beton
- Karakteristik semen
- Faktor air
- Bahan tambah

Hasil pengujian nilai *Slump* dapat dilihat pada Tabel berikut ini :

Tabel 4.16 Nilai *Slump* berbagai jenis beton

Kadar Tetes Tebu	Nilai <i>Slump</i> (cm)
0%	7
0,25%	8
0,5%	10
0,75%	12
1%	13

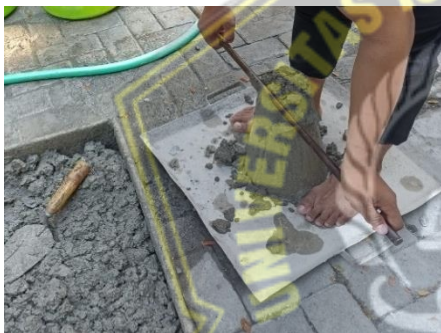
Pada Tabel diatas dapat di simpulkan bahwa dengan peningkatan persentase campuran tetes tebu pada beton dapat menaikkan nilai *Slump*. Hal ini terjadi karena sifat tetes tebu yang mampu mengencerkan campuran beton.



Gambar 4.4 Alat Tes Slump



Gambar 4.5 Pengujian Slump

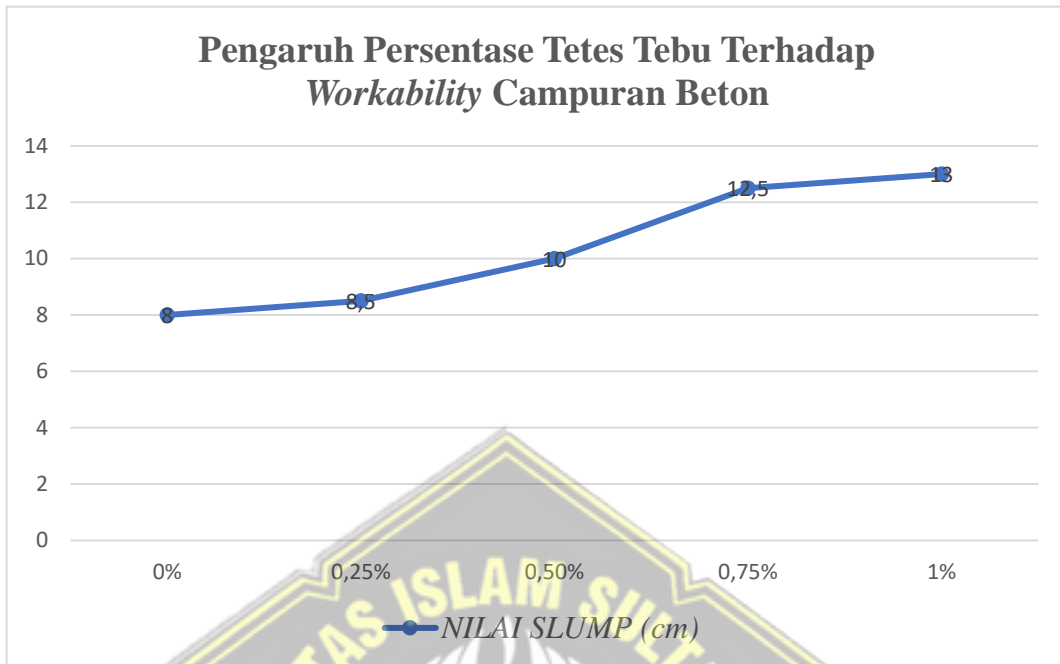


Gambar 4.6 Pengujian Slump



Gambar 4.7 Pengukuran Hasil Slump

Pengaruh penambahan tetes tebu terhadap nilai *Slump* dapat dilihat pada Gambar dibawah ini



Gambar 4.7 nilai Slump terhadap variasi penambahan tetes tebu

4.3. Kuat Tekan Silinder Beton

Pada pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari yang dimana bertujuan untuk mendapatkan perkembangan kekuatan tekan beton dengan menggunakan tambahan tetes tebu dan hasil percobaan dibandingkan dengan beton normal.

Tabel 4.17 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Penam bahan Tetes Tebu	Umur 7 Hari			Umur 14 Hari			Umur 28 Hari		
	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)
0%	13,10	357,25 5	20,217	13,15	544,9 61	30,839	13,22	657,3 89	37,20
0,25%	12,97	570,04 4	32,258	12,90	652,8 44	36,943	13,22	750,2 39	42,46
0,5%	13,05	506,53 3	28,664	13,13	607,3 89	34,371	12,59	662,7 39	37,50
0,75%	12,78	347,67 2	19,674	13,10	513,8 21	29,076	13,10	648,0 61	36,67
1%	13,09	264,34 9	14,959	13,09	478,4 21	27,073	13,22	563,2 29	31,87

(Sumber : Hasil Analisis)

Tabel 4.17 Di atas menunjukkan nilai kuat tekan beton normal dan campuran *Molase* dengan target capaian mutu beton $f'c$ 24,6 MPa pada umur 28 hari. Dengan pengujian kuat tekan yang menyesuaikan umur pengujian pada beton silinder yaitu pada umur 7, 14, 28 hari. Dibawah ini merupakan hasil bacaan Gambar hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.

Konversi kekuatan beton ke umur 28 hari bertujuan untuk melihat perbandingan kuat tekan hasil konversi ke umur 28 hari dengan kuat tekan beton umur 28 hari yang sesungguhnya. Angka konversi beton berdasarkan SNI.

Umur Beton (Hari)	Angka Konversi
3	0,46
7	0,68
14	0,88
21	0,96
28	1

Pengujian beton dilakukan dengan membuat benda uji berbentuk silinder yang memiliki diameter ukuran 15 cm dan tinggi 30 cm.

- Konversi beton umur 7 hari ke umur 28 hari

$$F_c 28 \text{ hari (0 \%)} = \frac{f_c 7 \text{ hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{20,217}{0,68}$$

$$= 29,7309 \text{ MPa}$$

$$F_c 28 \text{ hari (0,25 \%)} = \frac{f_c 7 \text{ hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{32,258}{0,68}$$

$$= 47,4382 \text{ MPa}$$

$$F_c 28 \text{ hari (0,50\%)} = \frac{f_c 7 \text{ hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{28,665}{0,68}$$

$$= 42,1544 \text{ MPa}$$

$$F_c 28 \text{ hari (0,75\%)} = \frac{f_c 7 \text{ hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{19,674}{0,68}$$

$$= 28,9323 \text{ MPa}$$

$$F_c 28 \text{ hari (1 \%)} = \frac{f_c 7 \text{ hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{14,959}{0,68}$$

$$= 21,9985 \text{ MPa}$$

- Konversi beton umur 14 hari ke umur 28 hari

$$F_c \text{ 28 hari (0 \%)} = \frac{f_c \text{ 14 hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{30,839}{0,88}$$

$$= 35,0443 \text{ MPa}$$

$$F_c \text{ 28 hari (0,25\%)} = \frac{f_c \text{ 14 hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{36,943}{0,88}$$

$$= 41,9807 \text{ MPa}$$

$$F_c \text{ 28 hari (0,50\%)} = \frac{f_c \text{ 14 hari}}{\text{angka konversi}}$$

$$= \frac{34,371}{0,88}$$

$$= 39,0579 \text{ MPa}$$

$$F_c \text{ 28 hari (0,75\%)} = \frac{f_c \text{ 14 hari}}{\text{angka konversi}}$$

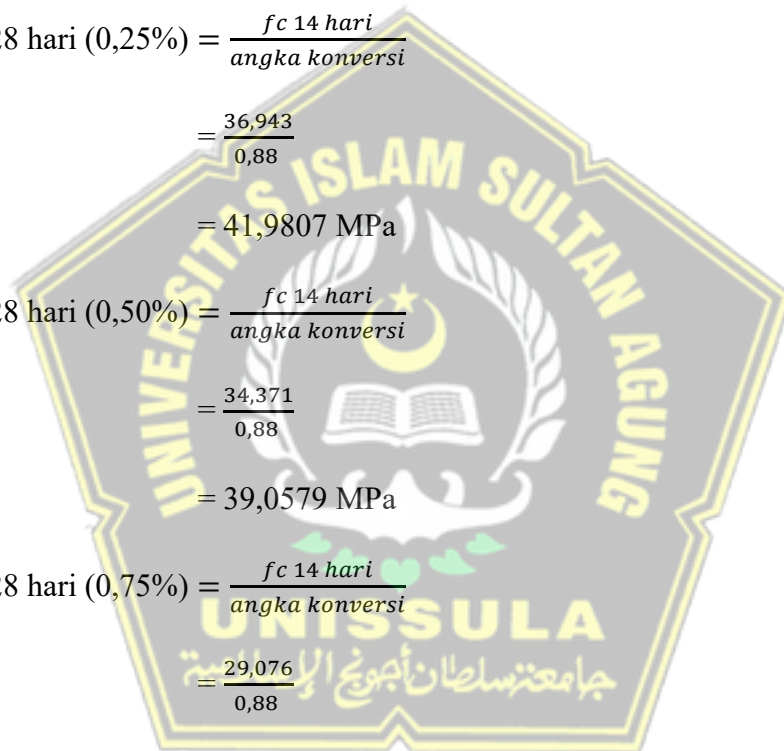
$$= \frac{29,076}{0,88}$$

$$= 33,0409 \text{ MPa}$$

$$F_c \text{ 28 hari (1 \%)} = \frac{f_c \text{ 14 hari}}{\text{angka konversi}}$$

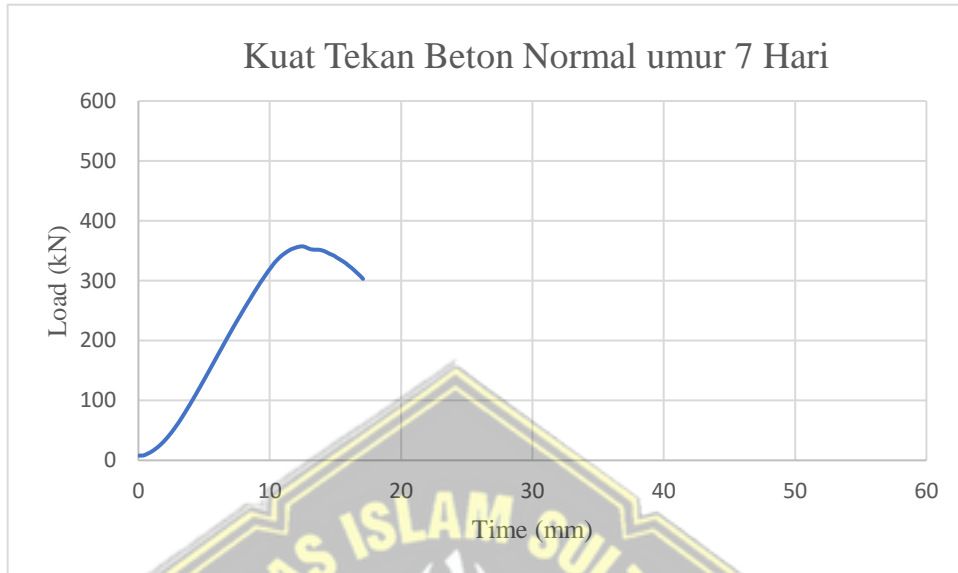
$$= \frac{27,073}{0,88}$$

$$= 30,7648 \text{ MPa}$$



4.3.1. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

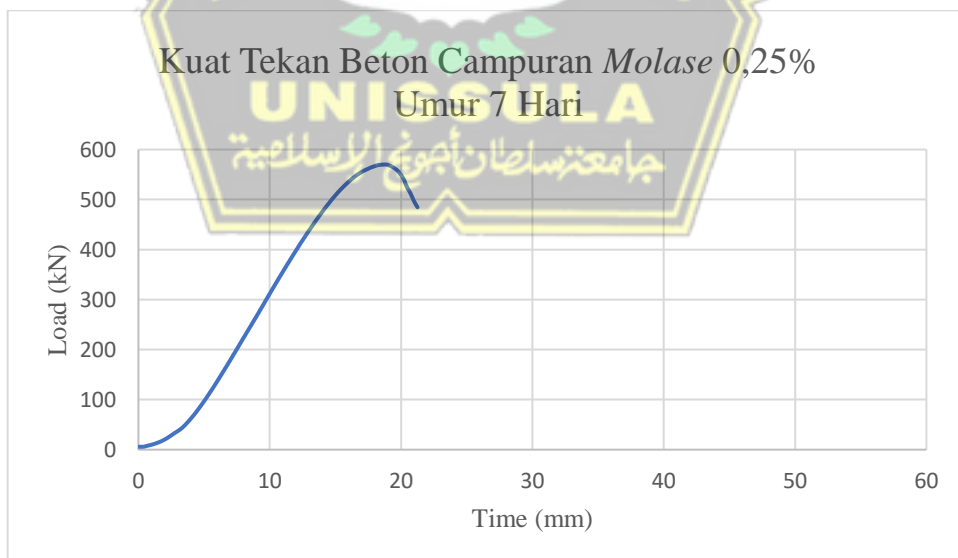
- Beton Normal



Gambar 4.8 Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton normal umur beton 7 hari adalah 20,22 MPa. Atau setara dengan 206,31 Kg/cm²

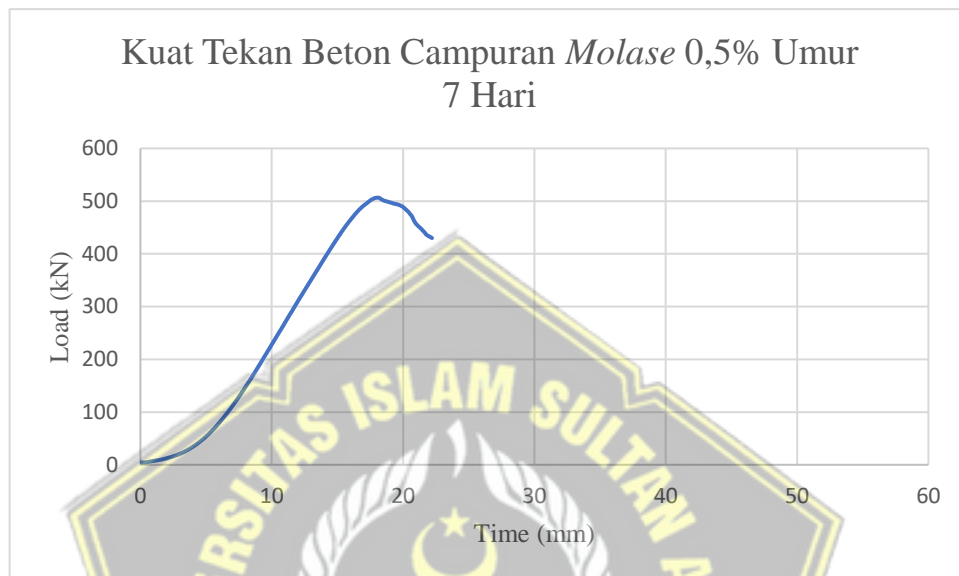
- Beton Campuran *Molase* 0,25%



Gambar 4.9 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 7 Hari

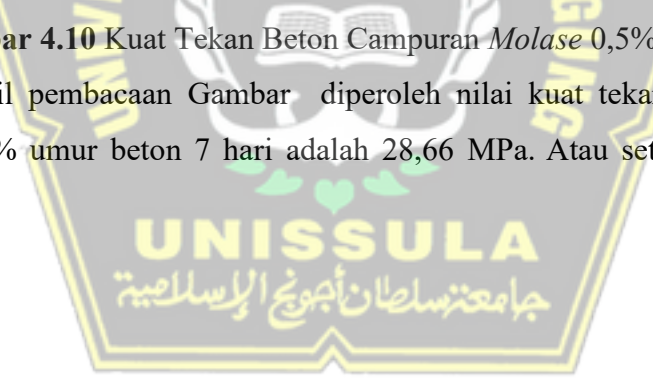
Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,25% umur beton 7 hari adalah 32,26 MPa. Atau setara dengan 329,20 Kg/cm²

- Beton Campuran *Molase* 0,5%

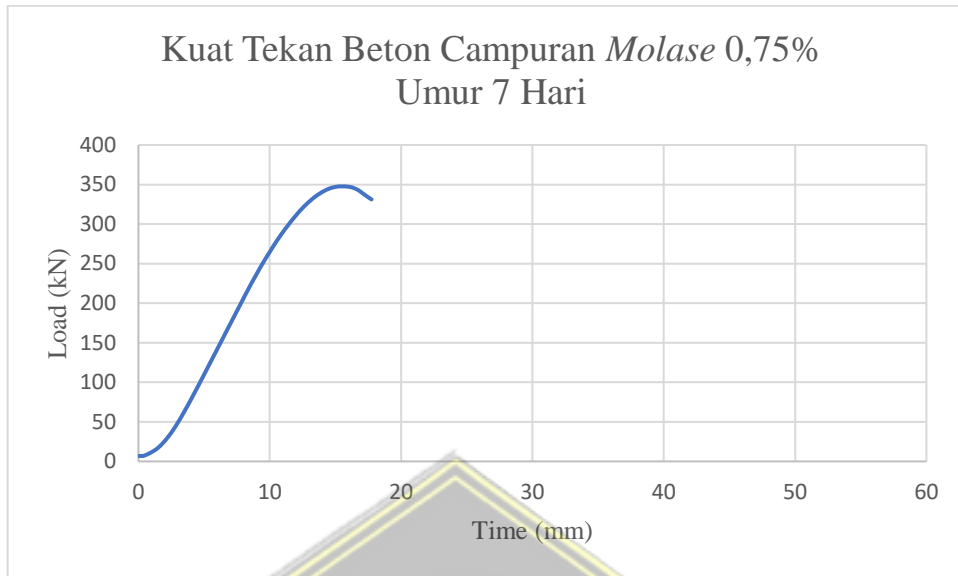


Gambar 4.10 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 7 hari adalah 28,66 MPa. Atau setara dengan 292,52 Kg/cm²



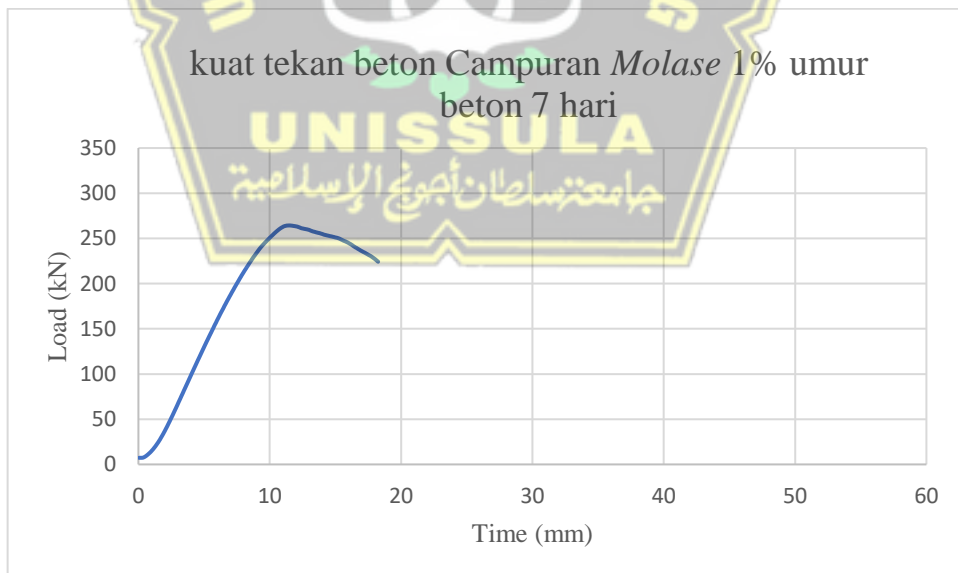
- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.11 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 7 hari adalah 19,67 MPa. Atau setara dengan 200,78 Kg/cm²

- Beton Campuran *Molase* 1%

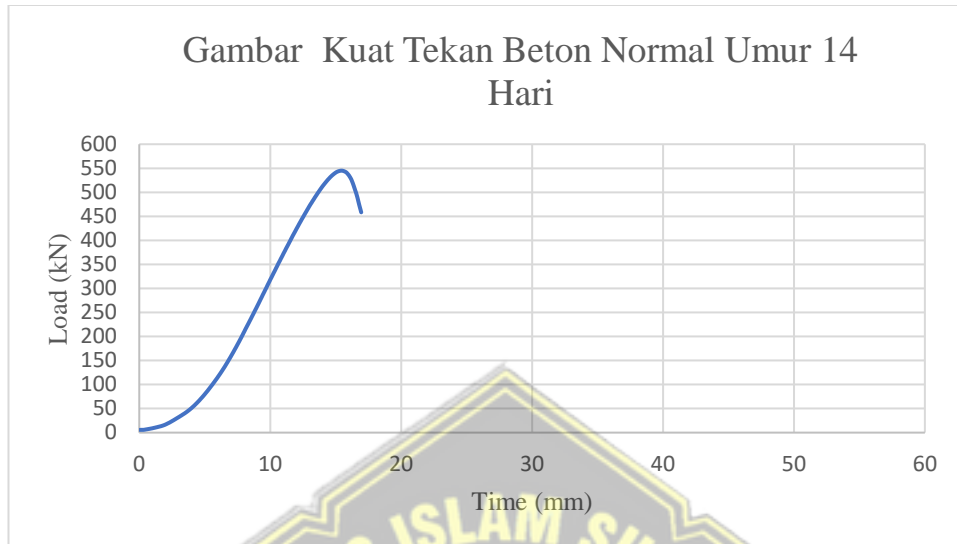


Gambar 4.12 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 1% Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 1% umur beton 7 hari adalah 14,96 MPa. Atau setara dengan 152,66 Kg/cm²

4.3.2. Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

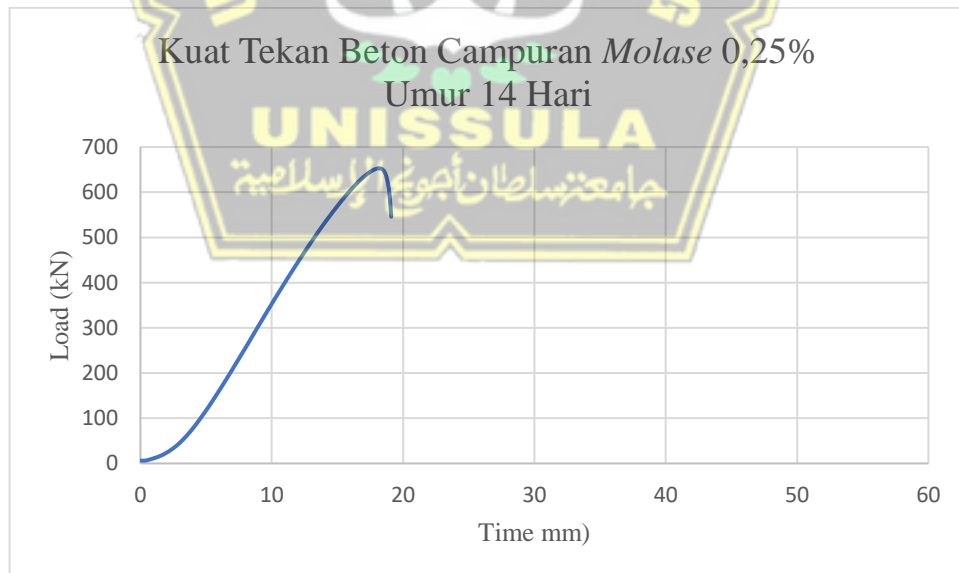
- Beton Normal



Gambar 4.13 Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton normal umur beton 14 hari adalah 30,83 MPa. Atau setara dengan 314,71 Kg/cm²

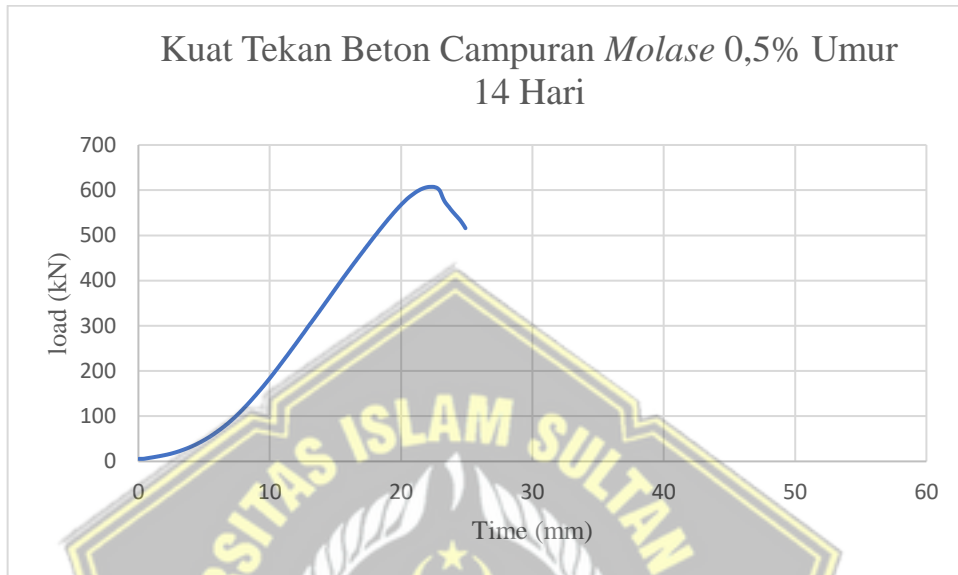
- Beton Campuran *Molase* 0,25%



Gambar 4.14 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,25% umur beton 14 hari adalah 36,94 MPa. Atau setara dengan 377,01 Kg/cm²

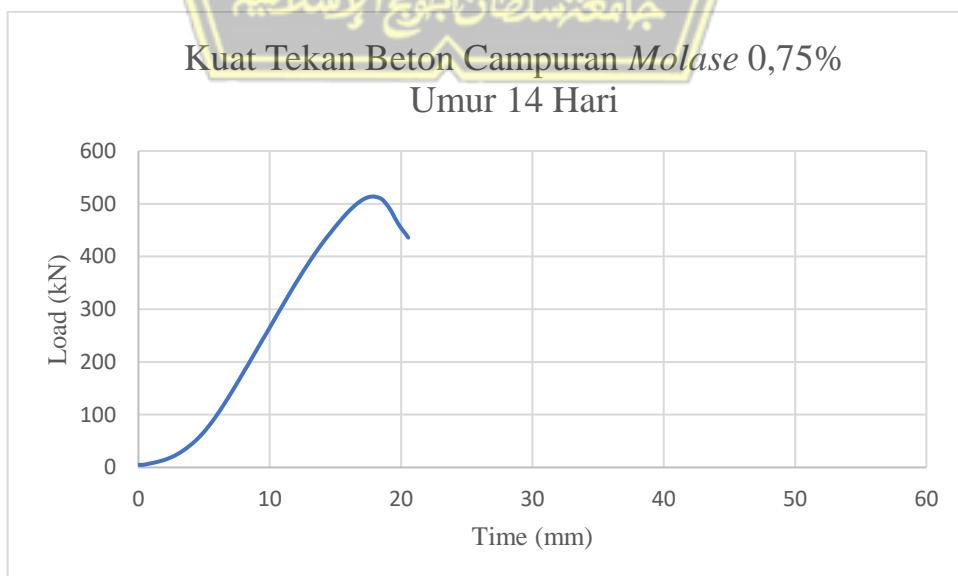
- Beton Campuran *Molase* 0,5%



Gambar 4.15 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 14 hari adalah 34,37 MPa. Atau setara dengan 350,76 Kg/cm²

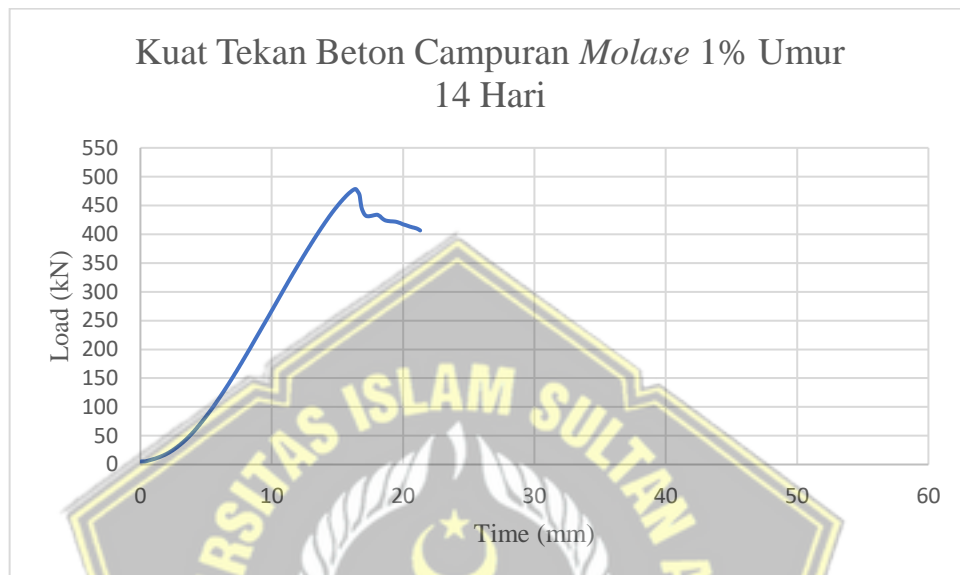
- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.16 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 14 hari adalah 29,07 MPa. Atau setara dengan 296,72 Kg/cm²

- Beton Campuran *Molase* 1 %



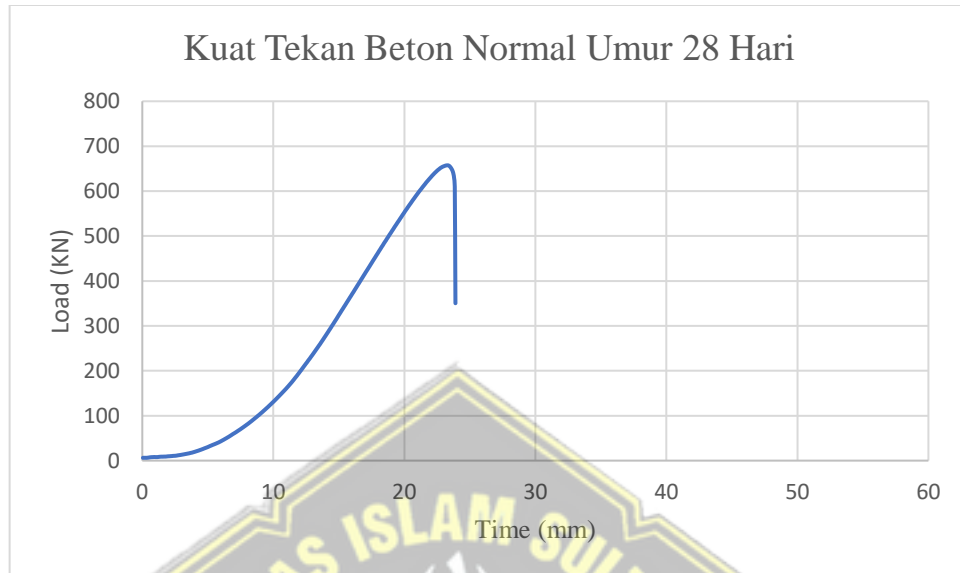
Gambar 4.17 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 1% Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 1% umur beton 14 hari adalah 27,07 MPa. Atau setara dengan 276,28 Kg/cm²



4.3.3. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

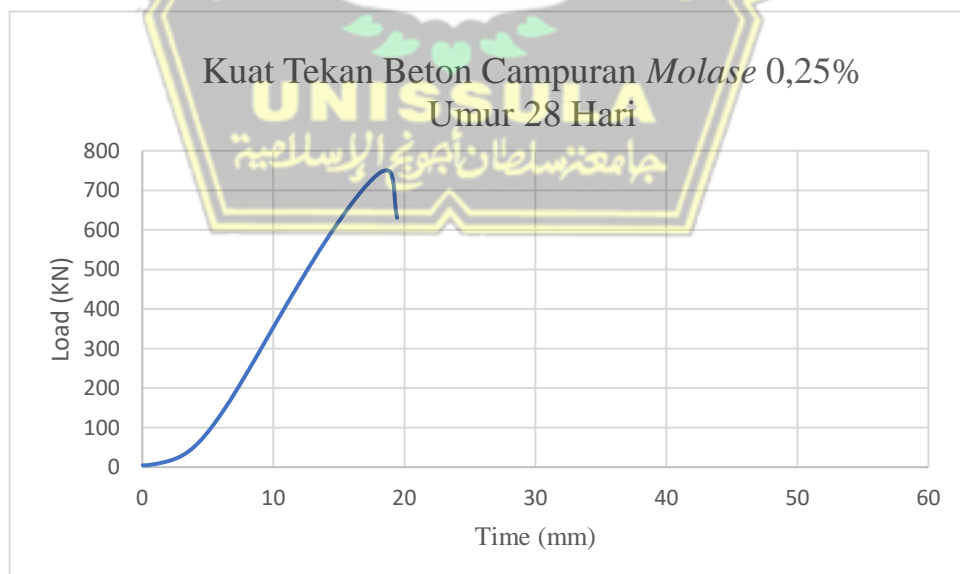
- Beton Normal



Gambar 4.18 Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton normal umur beton 28 hari adalah 37,20 MPa. Atau setara dengan 379,64 Kg/cm²

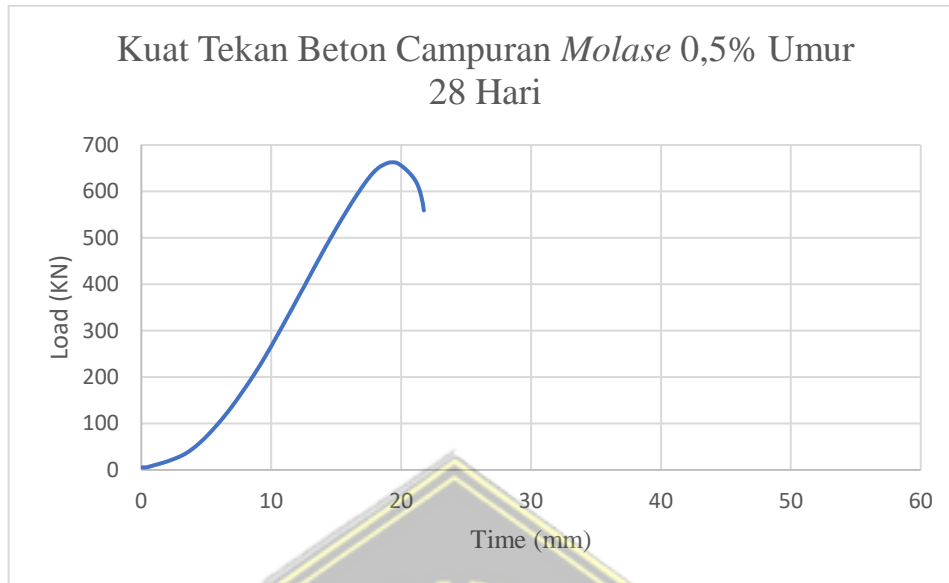
- Beton Campuran *Molase* 0,25%



Gambar 4.19 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton normal umur beton 28 hari adalah 42,46 MPa. Atau setara dengan 433,26 Kg/cm²

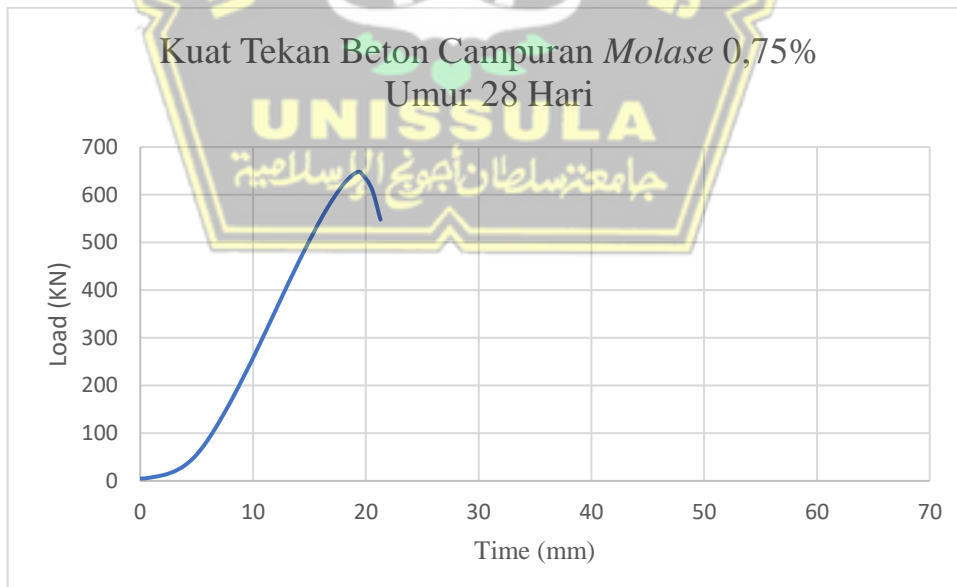
- Beton Campuran *Molase* 0,5%



Gambar 4.20 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 28 hari adalah 37,50 MPa. Atau setara dengan 382,67 Kg/cm²

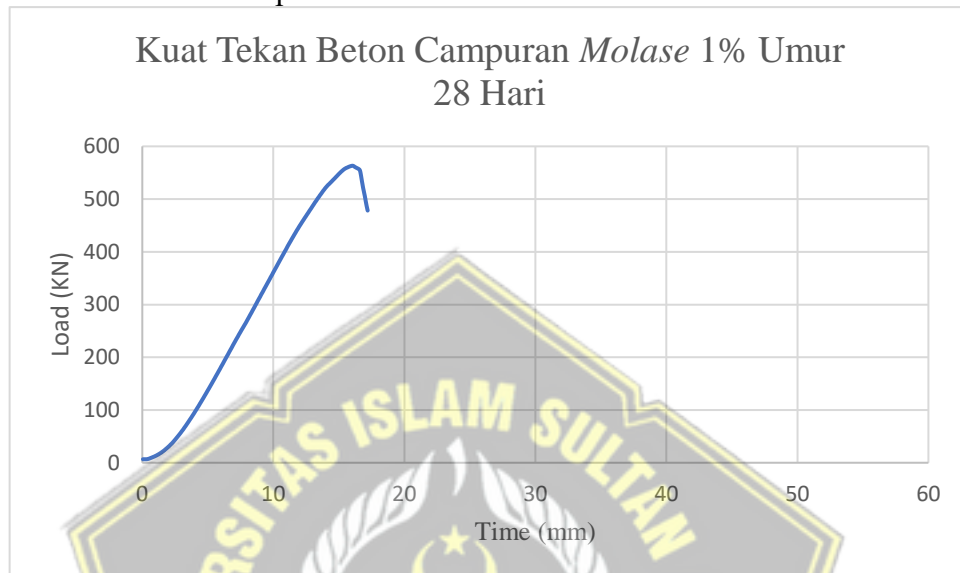
- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.21 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 28 hari adalah 36,67 MPa. Atau setara dengan 374,20 Kg/cm²

- Beton Campuran *Molase* 1 %



Gambar 4.22 Kuat Tekan Beton Campuran *Molase* 1% Umur 28 Hari

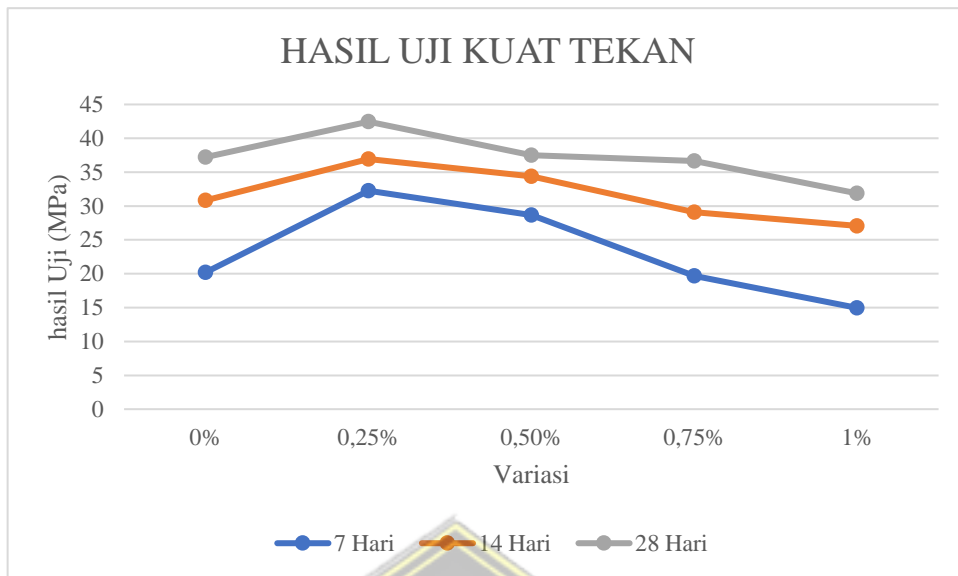
Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai kuat tekan beton Campuran *Molase* 1% umur beton 28 hari adalah 31,87 MPa. Atau setara dengan 325,22 Kg/cm²

4.3.4. Kuat Tekan Rata – Rata

Hasil pengujian Kuat tekan rata – rata dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 4.18 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	20,22	30,84	37,2
0,25%	32,26	36,94	42,46
0,50%	28,66	34,37	37,5
0,75%	19,67	29,08	36,67
1%	14,96	27,07	31,87



Gambar 4.23 Kuat Tekan Beton Rata-rata

Dari hasil analisa diatas mendapatkan hasil kuat tekan pada variasi campuran 0,25% mengalami peningkatan Kuat Tekan namun pada variasi 0,5%; 0,75%; 1% mengalami penurunan Kuat Tekan.



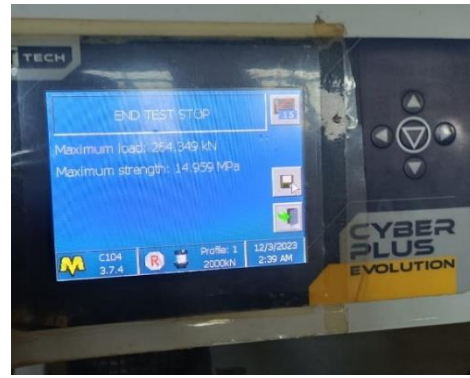
Gambar 4.24 Keping Benda Uji Beton



Gambar 4.25 Penimbangan Benda Uji



Gambar 4.26 Uji Kuat Tekan Beton



Gambar 4.27 Hasil Uji Kuat Tekan

4.4. Kuat Tarik Belah Silinder Beton

Pada pengujian Kuat Tarik Belah beton dengan benda uji silinder dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari yang dimana bertujuan untuk mendapatkan perkembangan kekuatan tarik belah beton dengan menggunakan tambahan tetes tebu dan hasil percobaan dibandingkan dengan beton normal.

Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Penambahan Tetes Tebu	Umur 7 Hari			Umur 14 Hari			Umur 28 Hari		
	Berat (Kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)
0%	13,05	147,190	2,082	13,12	156,659	2,216	13,12	181,315	2,57
0,25%	13,00	165,734	2,345	13,30	169,101	2,392	13,20	212,285	3,00
0,5%	12,95	206,054	2,915	13,07	246,019	3,480	12,98	253,086	3,58
0,75%	13,01	193,751	2,741	13,10	194,093	2,746	13,22	228,398	3,23
1%	12,99	143,480	2,030	12,98	193,053	2,731	13,22	223,194	3,16

(Sumber : Hasil Analisis)

Tabel Di atas menunjukkan nilai Kuat Tarik Belah beton normal dan campuran *Molase*. Dengan pengujian Kuat Tarik Belah yang menyesuaikan umur pengujian pada beton silinder yaitu pada umur 7, 14, 28 hari. Dibawah ini merupakan hasil bacaan Gambar hasil uji Kuat Tarik Belah pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.

4.4.1. Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari

- Beton Normal



Gambar 4.28 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 7 Hari

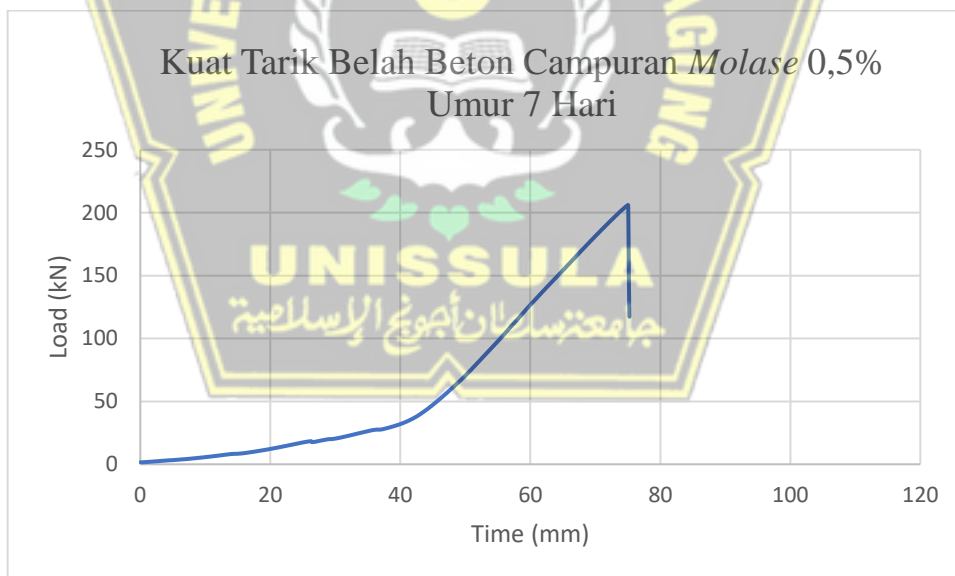
Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton normal umur beton 7 hari adalah 2,08 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,25%



Gambar 4.29 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 7 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,25% umur beton 7 hari adalah 2,34 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,5%



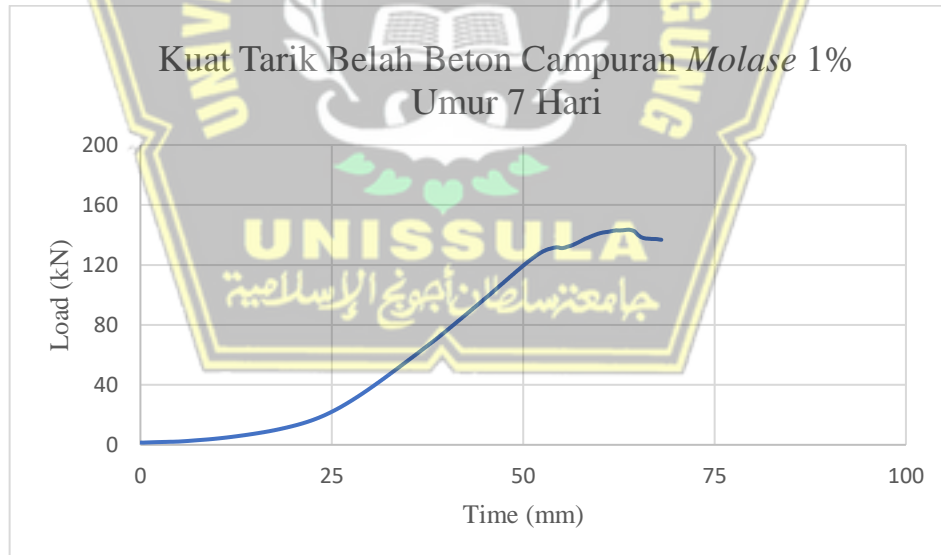
Gambar 4.30 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 7 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 7 hari adalah 2,91 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.31 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 7 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 7 hari adalah 2,74 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 1 %



Gambar 4.32 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 1% Umur 7 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 1% umur beton 7 hari adalah 2,03 MPa.

4.4.2. Kuat Tarik Belah Beton Umur 14 Hari

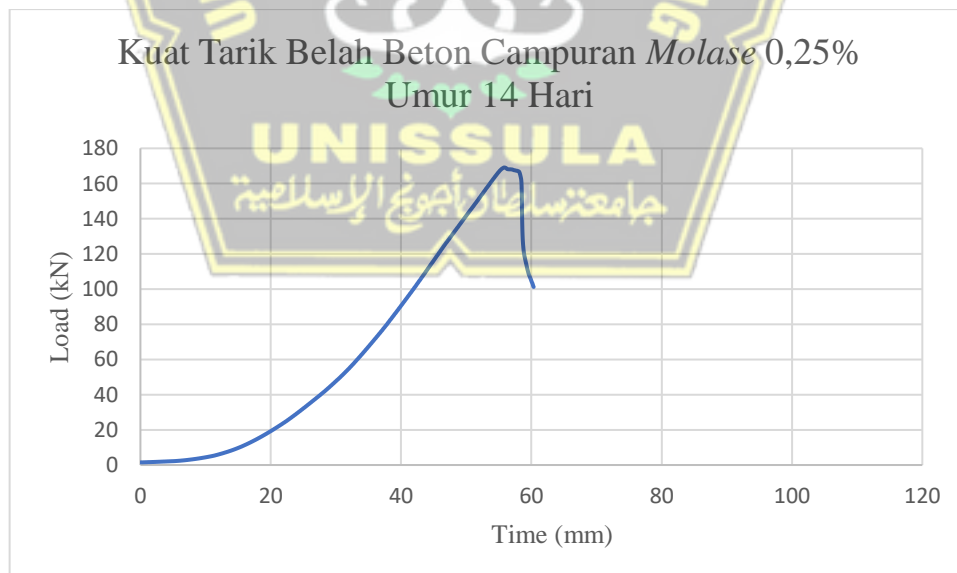
- Beton Normal



Gambar 4.33 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton normal umur beton 14 hari adalah 2,21 MPa.

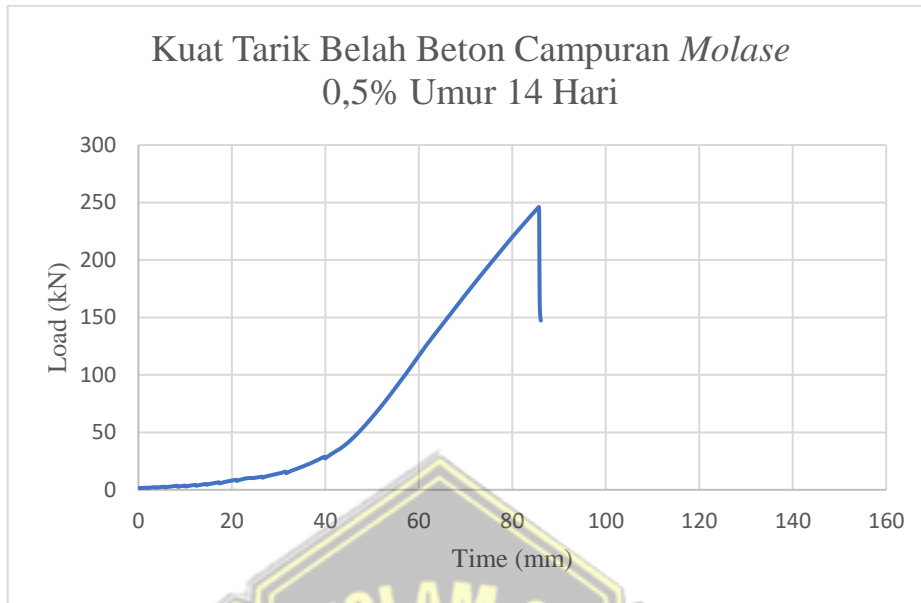
- Beton Campuran *Molase* 0,25%



Gambar 4.34 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 14 Hari

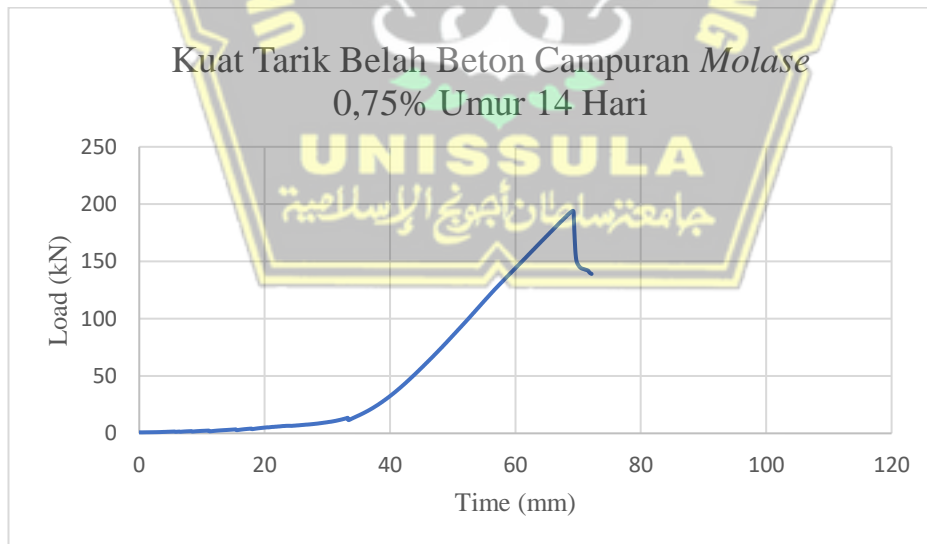
Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,25% umur beton 14 hari adalah 2,39 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,5%



Gambar 4.35 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 14 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 14 hari adalah 3,48 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.36 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 14 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 14 hari adalah 2,74 MPa.

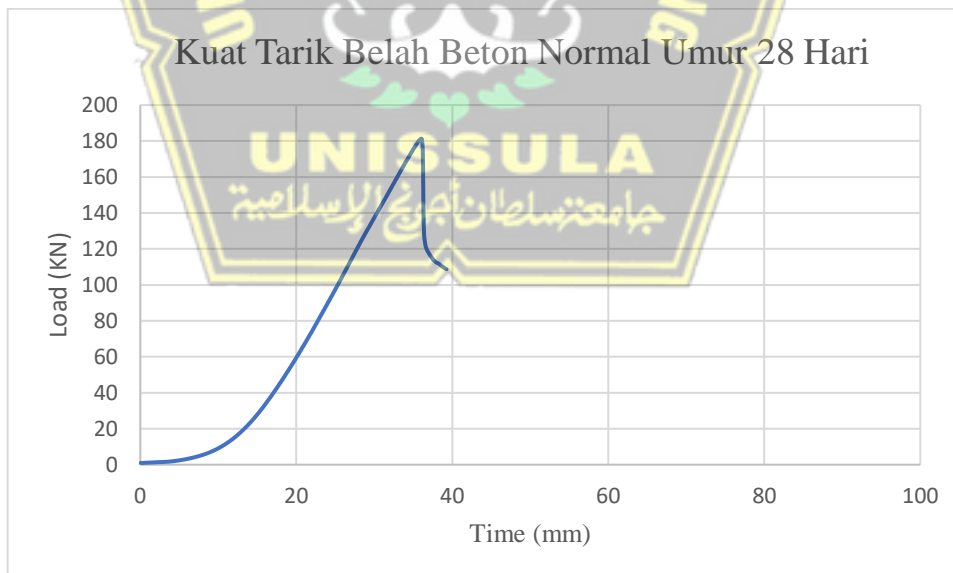
- Beton Campuran *Molase* 1 %



Gambar 4.37 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 1% Umur 14 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 1% umur beton 14 hari adalah 2,73 MPa.

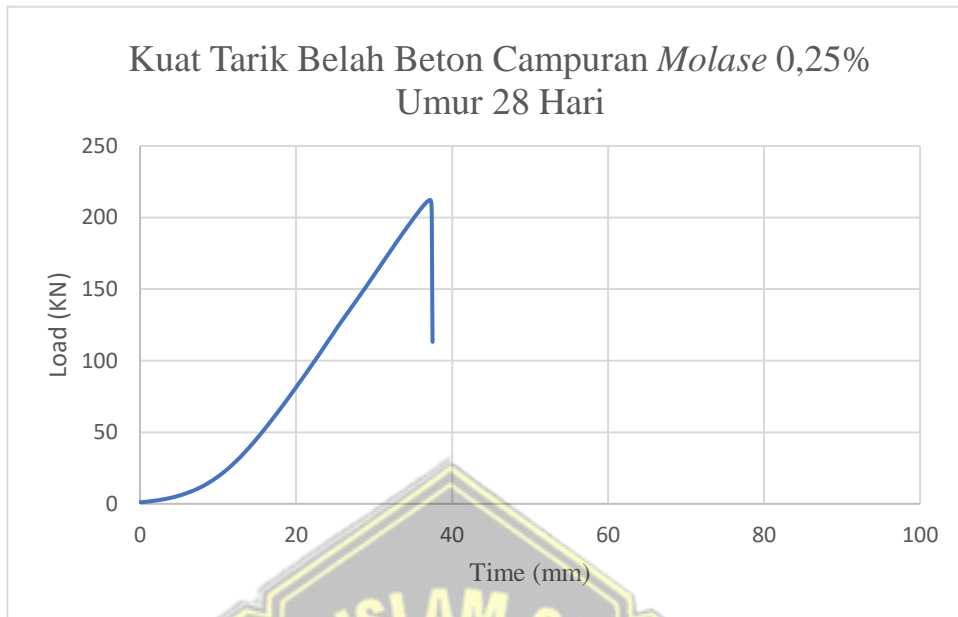
4.4.3. Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

- Beton Normal



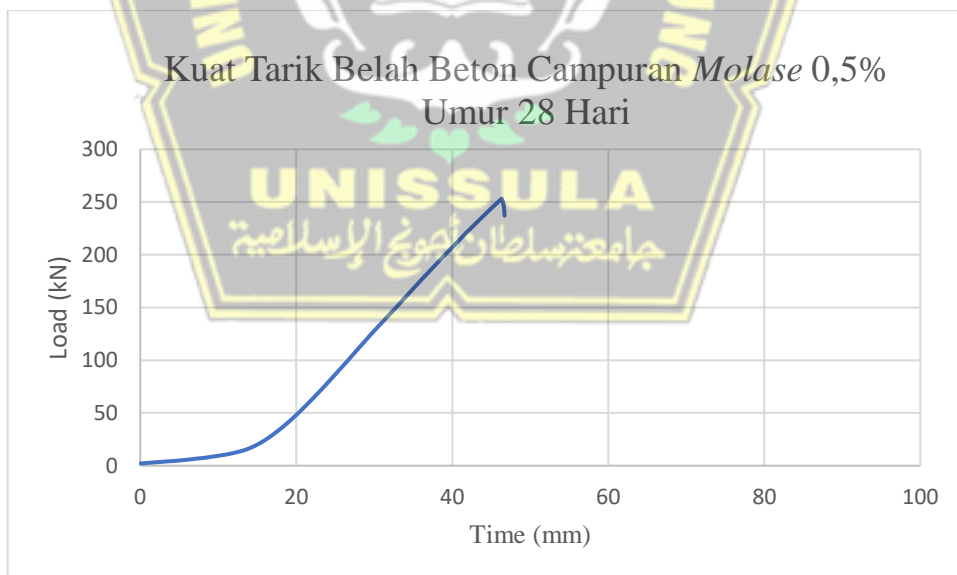
Gambar 4.38 Kuat Tarik Belah Beton Normal Umur 28 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton normal umur beton 28 hari adalah 2,565 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,25%



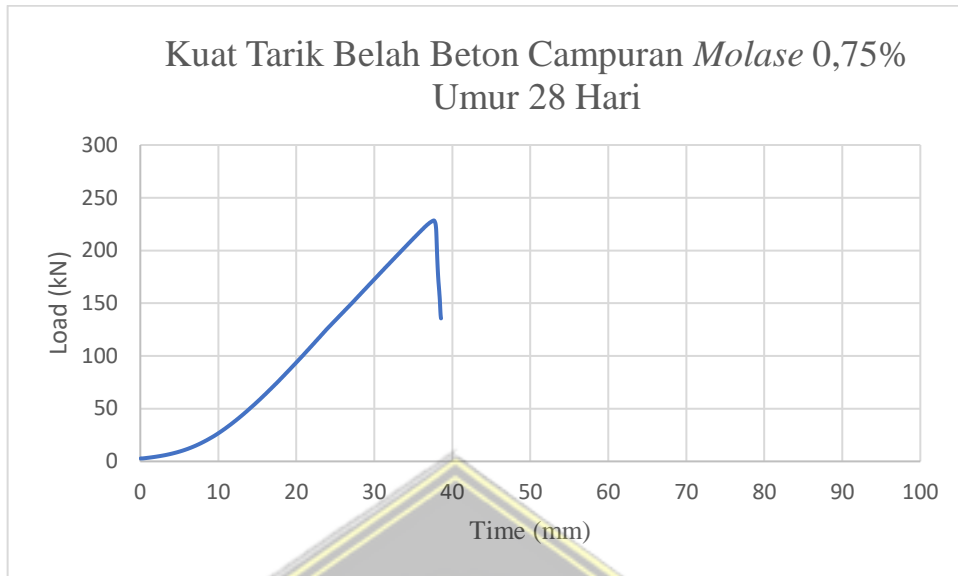
Gambar 4.39 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,25% Umur 28 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,25% umur beton 28 hari adalah 3,00 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,5%



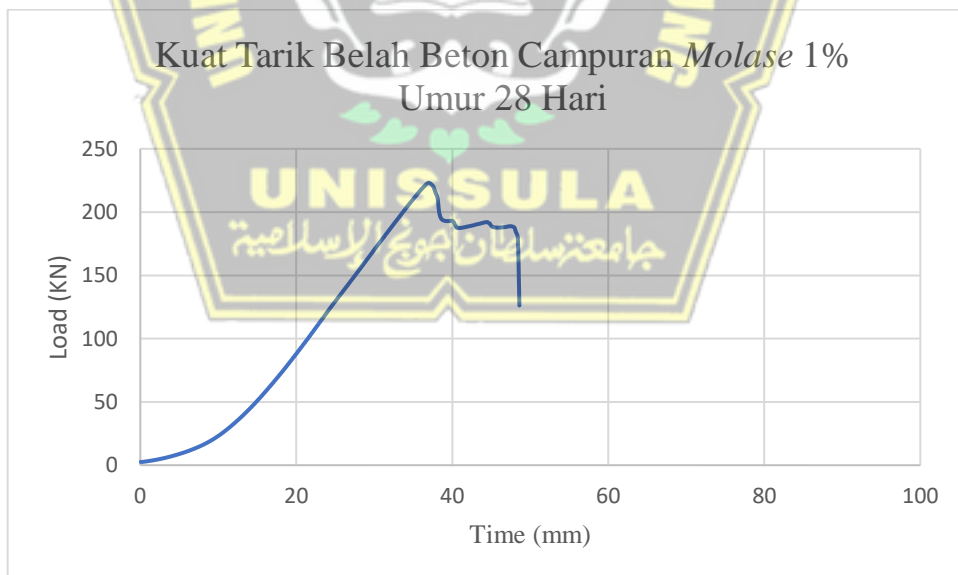
Gambar 4.40 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,5% Umur 28 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,5% umur beton 28 hari adalah 3,58 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 0,75%



Gambar 4.41 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 0,75% Umur 28 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 0,75% umur beton 28 hari adalah 3,23 MPa.

- Beton Campuran *Molase* 1 %



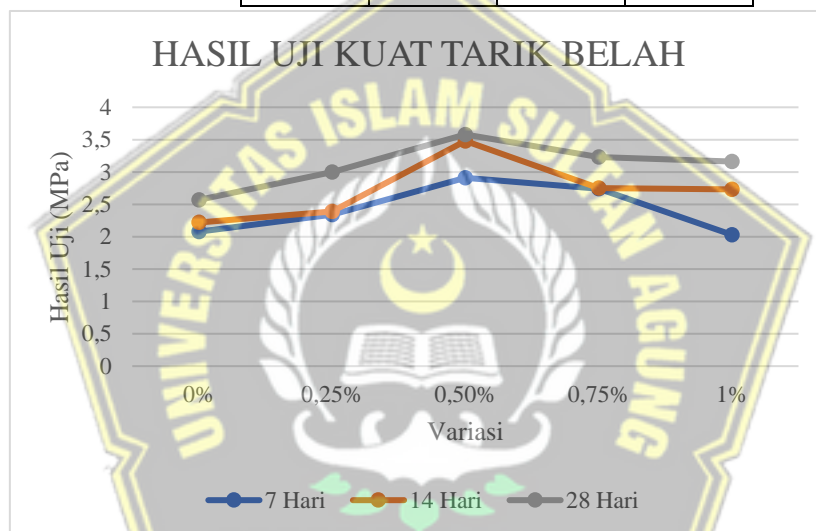
Gambar 4.42 Kuat Tarik Belah Beton Campuran *Molase* 1% Umur 28 Hari
 Dari hasil pembacaan Gambar diperoleh nilai Kuat Tarik Belah beton Campuran *Molase* 1% umur beton 28 hari adalah 3,16 MPa.

4.4.4. Kuat Tarik Belah Rata – Rata

Hasil pengujian Kuat Tarik Belah Rata – rata dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 4.20 Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Rata- rata Beton

Variasi	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0%	2,08	2,22	2,57
0,25%	2,34	2,39	3
0,50%	2,91	3,48	3,58
0,75%	2,74	2,75	3,23
1%	2,03	2,73	3,16



Gambar 4.44 Kuat Tarik Belah Rata-rata

Dari hasil analisa diatas mendapatkan Kuat Tarik Belah Beton pada variasi campuran 0,25% dan 0,5% mengalami peningkatan Kuat Tarik Belah namun pada variasi 0,75% dan 1% mengalami penurunan Kuat Tarik Belah Beton.



Gambar 4.45 Pemasangan Benda Uji



Gambar 4.46 Uji Kuat Tarik Belah



Gambar 4.47 Uji Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 4.48 Hasil Uji Kuat Tarik Belah



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang dihasilkan maka diperoleh nilai *Job Mix Design* terbaik yaitu :

1. *Molase* mempunyai karakteristik berupa cairan kental berwarna coklat pekat dengan kandungan nutrisi *Molase* yaitu Kadar Air 23%, bahan kering 77% dan protein kasar 4,2%. Sebagai bahan campuran beton *Molase* mampu meningkatkan Kuat Tekan Beton. Hal ini dikarenakan *Molase* berfungsi sebagai retarder, yang dimana terdapat zat gula, seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa yang mampu memperlambat *setting time* pengerasan beton.
2. Pengaruh Penambahan *Molase* terhadap kuat tekan pada variasi campuran 0,25% mengalami peningkatan Kuat Tekan namun pada variasi 0,5%; 0,75%; 1% mengalami penurunan Kuat Tekan.
3. Pengaruh penambahan *Molase* terhadap Kuat Tarik Belah Beton pada variasi campuran 0,25% dan 0,5% mengalami peningkatan Kuat Tarik Belah namun pada variasi 0,75% dan 1% mengalami penurunan Kuat Tarik Belah Beton.

5.2. Saran

Setelah dilakukannya pengujian dan mendapatkan hasil dari penelitian dari campuran variasi beton menggunakan bahan tambah *Molase*, maka Penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada pencampuran bahan *Molase* sebaiknya dipastikan harus tercampur secara homogen dan waktu pemadatan beton harus dilakukan secara maksimal agar beton yang dihasilkan tidak ada yang keropos.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pemakaian bahan *Retarder* dan hasilnya dibandingkan dengan pemakaian *Molase* pada campuran beton dilingkup perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Prima Syahnan. (2014). Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) Sebagai Bahan.
- Aizhar, M. R., Kudwadi, B., Ben, D., & Batubara, N. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN TAMBAH TETES TEBU TERHADAP WAKTU IKAT (*Setting Time*) SEMEN.
- Al-hasan, S. A., & Hartantyo, S. D. (2020). Pengaruh Limbah Pabrik Gula *Molase* Sebagai Bahan Tambah (*Admixture*) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang. 1–13.
- Andriansyah, Dindha Bayu. Harsoyo. 2018. Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu Sebagai bahan Tambah Pada campuran Beton.
- Bayu Andriansyah, D. (2021). PEMANFAATAN LIMBAH TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN BETON.
- Daniel Charle Birru, Rr. Vera Windya K. I. 2009. Kinerja Kuat Tekan Mortar & Beton Dengan Bahan Tambah Larutan Tebu Pada Umur 28, 56, 84 Hari. Tugas akhir tidak diterbitkan. Semarang : Pps Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Fauzan, A., Ambarwati, A., Kustrini, A., & Purnijanto, B. (2022). ANALISA KUAT TEKAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH TETES TEBU (*MOLASSE*) DAN KAPUR ALAM.
- Kosakoy, M. N. M., Wallah, S. E., & Pandaleke, R. (2017). PERBANDINGAN NILAI KUAT TARIK LANGSUNG DAN TIDAK LANGSUNG PADA BETON YANG MENGGUNAKAN FLY ASH.
- Kusnan, I. (2016). PENGARUH TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN (*ADMIXTURE*) TERHADAP KUAT TARIK LENTUR DAN LEBAR RETAK BALOK BETON.
- Maulid Edwin, A., Riyanto, S., Rochman, T., Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, M., Negeri Malang, P., & Jurusan Teknik Sipil, D. (2022). PENGARUH TETES TEBU (*MOLASSES*) PADA CAMPURAN BETON DITINJAU TERHADAP WAKTU IKAT AWAL DAN KUAT TEKAN.

- Pardomuan, F., Tanudjaja, P. H., & Windah, R. S. (2015). PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR BETON DENGAN VARIASI KUAT TEKAN BETON. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Santoso, Agus. 2012. Pemanfaatan Limbah Tetes Tebu Sebagai Alternatif Pengganti SetRetarder Dan Water Reducer Untuk Bahan Tambah Beton. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta*. Vol VIII, No. 2, Halaman : 166-168.
- SNI 1969:2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air Agregat Kasar.
- SNI 1969:2008. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
- SNI 1971:2011. (2011). Cara uji Kadar Air total agregat dengan pengeringan ICS 93.020 Badan Standardisasi Nasional.
- Suhendro Trinugroho, Movhtar Rifa'i. 2012. “Pemakaian Variasi Bahan Tambah Larutan Gula Dan Variasi Abu Arang Briket Pada Kuat Beton Mutu Tinggi”. *Jurnal Teknik Sipil* : Hal. 139-144.
- SNI 1972:2008. (2008). Cara uji slump beton ICS 91.100.30 Badan Standardisasi Nasional.
- Syahnan, A. P., Agung, M., Handana, P., & Tarigan, J. (2014). PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK GULA (TETES TEBU) SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM CAMPURAN BETON.