

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMANASAN *FLY ASH*  
SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN SUHU 100 °C  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON (FC' 20)**



**Roy Perdamaian Tampubolon**

**NPM: 2019250012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI  
2024**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMANASAN *FLY ASH*  
SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN SUHU 100 °C  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON (FC' 20)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri



**Roy Perdamaian Tampubolon**

**NPM: 2019250012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI  
2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMANASAN FLY ASH SEBAGAI  
SUBSTITUSI SEMEN DENGAN SUHU 100 °C TERHADAP KUAT TEKAN  
BETON (FC'20)**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Universitas Indo Global Mandiri

Oleh :

**ROY PERDAMAIAN TAMPUBOLON**

**2019250012**

**Dekan Fakultas Teknik**

FAKULTAS TEKNIK

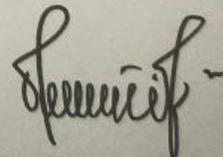


**Anta Sastika, ST.,MT.,IAI.**

**NIDN 0214047401**

**Palembang, 13 Januari 2024**

**ketua Program Studi Teknik**



**Sartika Nisumanti, ST.,MT.**

**NIDN 0208057101**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMANASAN FLY ASH SEBAGAI  
SUBSTITUSI SEMEN DENGAN SUHU 100 °C TERHADAP KUAT TEKAN  
BETON (FC' 20)**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Universitas Indo Global Mandiri

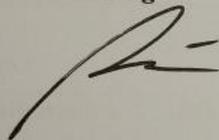
Oleh :

**ROY PERDAMAIAN TAMPUBOLON**

**2019250012**

**Palembang 17 Januari 2024**

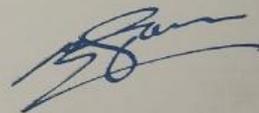
**Dosen Pembimbing I**



**Henggar Risa Destania, ST., M. Eng**

**NIDN 0226128902**

**Dosen Pembimbing II**

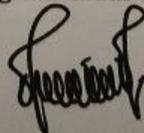


**Ir. Marguan Fauzi, ST., MT.**

**NIDN 0207087901**

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil**



**Sartika Nisumanti, ST., MT.**

**NIDN 0208057101**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton (FC'20)" telah dipertahankan di hadapan TIM Penguji Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri (UIGM) pada tanggal 12 Januari 2024.

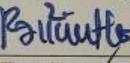
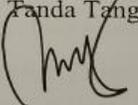
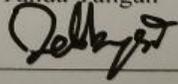
Palembang, 12 Januari 2024

Tim Penguji Skripsi:

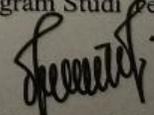
Ketua:

1	Sartika Nisumanti, ST.,MT. NIDN : 0208057101	Tanda Tangan 	Tanggal : 17 Januari 2024
---	---	--	------------------------------

Anggota :

1	Ratih Baniva, ST.,MT. NIDN : 0222019002	Tanda Tangan 	Tanggal : 17 Januari 2024
2	Dr. Eng Utari Sriwijaya Minaka, ST.,M.Eng NIDN : 0230078903	Tanda Tangan 	Tanggal : 17 Januari 2024
3	Debby Sinta Devi, ST.,MT. NIDN : 0208057101	Tanda Tangan 	Tanggal : 17 Januari 2024

Palembang, 17 Januari 2024  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sartika Nisumanti, S.T.,M.T  
NIDN : 0208057101

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Roy Perdamaian Tampubolon

Tempat, Tanggal lahir : Palembang, 9 November 2000

Alamat : Jalan Swadaya Tanjung Api-Api  
Rt19/Rw04, Kelurahan Talang  
Keramat, Kecamatan Talang Kelapa

Nama Orang Tua : Abson Tampubolon dan Jentiner  
Siburian

### Riwayat Pendidikan,

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 154 Palembang pada tahun 2012. Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Mardi Wacana Palembang. Penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Methodist 1 Palembang dan menyelesaikan Pendidikan pada tahun 2018 dengan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam. Selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan perguruan tinggi di Universitas Indo Global Mandiri Palembang pada Fakultas Teknik dengan Program Studi Teknik Sipil. Penulis menyelesaikan dan mengikuti ujian akhir untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada tahun 2024



**SURAT PERNYATAAN**  
FM-PM-09.3/13-02/R0

Dengan ini saya menyatakan dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya / pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Acuan / Daftar Pustaka.

Apabila ditemukan suatu jiplakan / plagiat, maka saya bersedia menerima akibat berupa sanksi akademis dan sanksi lain yang diberikan oleh yang berwenang sesuai ketentuan, peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Palembang, 17 Januari 2024

Yang membuat pernyataan



**Roy Perdamaian Tampubolon**

**NPM: 2019250012**

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Roy Perdamaian Tampubolon

NPM : 2019250012

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Dosen Pembimbing dan Universitas Indo Global Mandiri (UIGM) Hak bebas Royalti Non Eklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul

**Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan *Fly Ash* Sebagai Subtitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton (FC'20)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Non Eklusif ini UIGM berhak menyimpan, mengalih media/formatan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya dengan kepentingan tanpa perlu izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Palembang, 17 Januari 2024

Yang Membuat Pernyataan



**Roy Perdamaian Tampubolon**

**NPM: 2019250012**

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **Motto**

**“Anda Tidak harus Hebat Untuk Memulai, Tapi Anda Harus Memulai Untuk Menjadi Orang Heba”**

**“ Jika Orang Lain Bisa, Yakinlah Diri Sendiri Juga Bisa. Be Your Self ”**

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang Tua tercinta bapak dan mamak, yang selalu memberikan doa, nasihat, kasih sayang, serta dukungan setiap saat.
2. Orang-orang Sekitar saya yang saya cintai yang selalu memberikan saya dukungan penuh dan support yang baik.
3. Ibu Henggar Risa Destania, S.T.,M.Eng dan Bapak Ir.Marguan Fauzi, S.T.,M.T sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan waktu dan pikirannya untuk memberikan petunjuk, pengetahuan, bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Skripsi ini.
4. Kepada diri saya sendiri yang sudah mau berusaha dan bekerja sama untuk bisa sampai sekarang sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

## ABSTRAK

*Fly ash* digunakan di dalam campuran pembuatan beton merupakan pemanfaatan limbah dari pembakaran batubara yang mana *fly ash* batubara di substitusikan dengan semen. Material *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan pemanasan dengan oven. Tujuannya dilakukan pemanasan untuk mengetahui pengaruh pemanasan *fly ash*, yang mana *fly ash* sendiri tidak memiliki daya ikat seperti semen sehingga dilakukan pemanasan terhadap *fly ash* dengan guna untuk mengaktifkan kandungan silika dan alumina di dalam *fly ash*. Secara spesifik tujuan yang ingin diketahui dengan penggunaan *fly ash* yang di aktivasi dengan menggunakan pemanasan dengan oven pengaruh terhadap kekuatan beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Lokasi pengujian di laboratorium beton Universitas Indo Global Mandiri Palembang dengan banyak jumlah sampel benda uji 60 buah. Benda uji yang dibuat menggunakan silinder dengan diameter 100 mm x 200 mm. Pembuatan benda uji dilakukan kondisi material agregat dalam kondisi Saturated Surface Dry (SSD) dan dengan *fly ash* yang telah di oven pada suhu 100°C dengan variasi waktu 4 jam, 8 jam dan 12, yang mana variasi waktu pemanasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama waktu pemanasan terhadap kuat tekan beton. Perawatan benda uji silinder dengan perendaman di dalam bak yang di isi dengan air sampai waktu benda uji akan di uji. Penelitian yang dilakukan adalah dengan tujuan melihat pengaruh dari pemanasan *fly ash* yang dilakukan terhadap *fly ash*. Dari hasil penelitian kuat tekan yang dapat, pengaruh dari pemanasan *fly ash* memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding *fly ash* yang tidak dipanaskan, namun sedikit lebih rendah dibanding dengan beton normal. dengan hasil kuat tekan *fly ash* yang didapatkan dengan pemanasan suhu 4 jam 18,09 Mpa.

**Kata Kunci:** *Fly ash*, Pemanasan, Kuat Tekan

## **ABSTRACT**

*The fly ash used in the concrete mixture is the use of waste from burning coal where coal fly ash is substituted with cement. The fly ash material used in this research was heated in an oven. The purpose of heating is to determine the effect of heating fly ash, where fly ash itself does not have binding capacity like cement, so heating is carried out on fly ash in order to activate the silica and alumina content in fly ash. Specifically, the objective that we want to know is by using fly ash which is activated by heating with an oven, the effect on the strength of the concrete. The method used in this research uses experimental methods. The testing location is in the concrete laboratory at Indo Global Mandiri University, Palembang with a total of 60 test object samples. The test object was made using a cylinder with a diameter of 100 mm x 200 mm. The manufacture of test specimens was carried out with aggregate material conditions in Saturated Surface Dry (SSD) conditions and with fly ash which had been in the oven at a temperature of 100°C with time variations of 4 hours, 8 hours and 12 hours, where variations in heating time were carried out to determine the effect of the length of time. warming on the compressive strength of concrete. Treat cylindrical test objects by immersing them in a tub filled with water until the test object is to be tested. The research carried out was aimed at seeing the effect of fly ash heating on fly ash. From the results of research on compressive strength, the effect of heating fly ash has a higher compressive strength than unheated fly ash, but slightly lower than normal concrete. with the results of the compressive strength of fly ash obtained by heating at a temperature of 4 hours of 18.09 Mpa.*

**Keywords:** *Fly ash, Heating, Compressive Strength*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Proposal ini dengan baik dan lancar. Penulisan Laporan Proposal ini merupakan salah satu syarat dalam penyusunan skripsi pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Indo Global Mandiri dan sebagai pertanggung jawaban atas apa yang telah penulis dapatkan selama proses penyusunan Laporan Proposal. Adapun judul Laporan Proposal ialah “Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton (FC’20)” Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu baik berupa saran, petunjuk, serta bimbingan sehingga Laporan Proposal ini dapat selesai pada waktunya. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

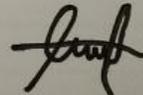
1. Dr. Marzuki Alie, S.E., M.M. selaku Rektor Universitas Indo Global Mandiri Palembang.
2. Dr. Sumi Amariena Hamim, ST., MT., IPM., Asean Eng. selaku Wakil Rektor I Bidang Akademik dan Kemahasiswaan.
3. Bapak John Roni Coyanda, S.Kom., M.Si. selaku Wakil Rektor II Bidang SDM dan Keuangan.
4. Bapak Prof. Erry Yulian T. Adesta, PhD. selaku Wakil Rektor III Bidang Perencanaan dan Kerjasama.
5. Bapak Anta Sastika, S.T., M.T., IAI selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri Palembang.
6. Ibu Sartika Nisumanti, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri Palembang.
7. Terima kasih banyak kepada Ibu Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng selaku pembimbing 1 yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Laporan Proposal ini dengan baik.

8. Terima kasih Bapak Ir.Marguan Fauzi,S.T.,M.T selaku pembimbing 2 yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Laporan Proposal ini dengan baik.
9. Kedua Orang tua sebagai motivator terbesar dalam hidup saya yang selalu tulus memberikan kasih sayang, doa, semangat dan motivasi yang sangat berharga dalam hidup saya yang selalu memenuhi kebutuhan saya baik materi dan moral.
10. Terimakasih kepada Vallentina yang selalu membantu saya dalam pembuatan skripsi.
11. Kepada teman seperjuangan skripsi angkatan 2019 Jurusan Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri Palembang yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Demikian penulis menyadari Laporan Skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak yang sifatnya membangun dan membimbing demi penyempurnaan Laporan Proposal di masa yang akan datang.

Palembang, 13 Januari 2024

Penulis,



**Roy Perdamaian Tampubolon**

**NPM: 2019250012**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b>	
<b>SURAT PERNYATAAN</b>	
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>	
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b>	
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Beton.....	5
2.1.1 Klasifikasi Beton.....	5
2.1.2 Klasifikasi Beton Berdasarkan Kuat Tekan.....	7
2.2 Sifat Mekanik Kuat Tekan beton.....	7
2.3 Kelebihan dan kekurangan Beton.....	8
2.4 Material Penyusun Beton.....	9
2.4.1 Semen.....	9

2.4.2 Air.....	11
2.4.3 Agregat.....	14
2.5 Bahan Tambah.....	21
2.5.1 Jenis Bahan tambah Beton.....	22
2.6 Pengujian beton .....	32
2.6.1 <i>Slump Test</i> .....	32
2.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	34
2.7 Pengujian Setting Time....	34
2.8 Penelitian Terdahulu.....	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	37
3.2 Metode Penelitian.....	37
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	37
3.3.1 Bahan Yang Digunakan.....	37
3.3.2 Alat-Alat yang Digunakan.....	40
3.4 Pengujian Material.....	47
3.4.1 Pemeriksaan Agregat Halus.....	47
3.4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar.....	49
3.5 Perancangan Benda Uji (Mix Design).....	51
3.5.1 Perhitungan Proporsi Beton Normal.....	55
3.6 Pengujian .....	57
3.6.1 Pengujian Beton Segar/Slump.....	57
3.6.2 Pengujian Berat Isi Beton Segar.....	58
3.6.3 Perawatan Benda Uji..	58
3.6.4 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.....	59
3.7 Bagan Alir.....	60
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Hasil Pengujian Material..	61
4.1.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus.....	61

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat kasar.....	62
4.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	63
4.1.4 Hasil Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat kasar.....	65
4.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	66
4.1.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat kasar.....	67
4.1.7 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	67
4.1.8 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar.....	68
4.2 Pengujian <i>Slump</i> .....	68
4.3 Pengujian <i>Setting Time</i> .....	71
4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	72
4.4.1 Hasil Pengujian Kuat tekan beton .....	73
4.4.2 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	74
4.4.3 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Normal + Fa 5%.....	76
4.4.4 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Normal + Fa 5% Suhu 4 Jam....	77
4.4.5 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Normal + Fa 5% Suhu 8 Jam....	78
4.4.6 Hasil pengujian Kuat Tekan Beton Normal + Fa 5% Suhu 12 Jam..	79
4.4.7 Grafik perbandingan Kuat Tekan Beton.....	81
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>83</b>
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR TABEL

2.1 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	13
2.2 Batas-Batas Gradasi Untuk Agregat Halus pasir.....	15
2.3 Ketentuan Agregat Halus.....	18
2.4 Gradasi Agregat Kasar.....	19
2.5 Persyaratan Kimia <i>Fly Ash</i> .....	29
2.6 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> PLTU Bukit Asam.....	29
2.7 Hasil Pengujian komposisi <i>Fly Ash</i> .....	30
2.8 Kategori Nilai Slump.....	33
3.1 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m <sup>3</sup> ).....	52
3.2 Hasil Perhitungan Rancangan Benda Uji.....	53
3.3 Komposisi Campuran Beton 1m <sup>3</sup> Sebelum Terkoreksi.....	55
3.4 Komposisi Campuran Beton 1m <sup>3</sup> Sesudah Terkoreksi.....	55
3.5 Komposisi Campuran BN Fc'20 Mpa 1 silinder.....	56
3.6 Komposisi Campuran Beton Untuk 12 Silinder.....	56
3.7 Jumlah Sampel Benda Uji.....	57
4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	61
4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	62
4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	63
4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	65
4.5 Kadar Lumpur Agregat Halus.....	66
4.6 Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	67
4.7 Kadar Air Agregat Halus.....	67
4.8 Kadar Air Agregat Kasar.....	68
4.9 Data Pengujian Slump.....	69
4.10 Tabel Setting Time.....	71
4.11 Hasil Pengujian Kuat tekan Beton.....	74
4.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	75
4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan BN + Fa5%.....	76

4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan BN + Fa5% Suhu 4 Jam.....	77
4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan BN + Fa5% Suhu 8 Jam.....	78
4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan BN + Fa5% Suhu 12 Jam.....	80
4.17 Tabel Perbandingan Uji Kuat Tekan Beton.....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Batas Daerah Nomor 1.....	16
Gambar 2.2 Grafik Batas Daerah Nomor 2.....	16
Gambar 2.3 Grafik Batas Daerah Nomor 3.....	17
Gambar 2.4 Grafik Batas Daerah Nomor 4.....	17
Gambar 2.5 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar 10 mm.....	20
Gambar 2.6 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar 20 mm.....	20
Gambar 2.7 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar 40 mm.....	21
Gambar 2.8 Hasil Pengujian Sem-Eds.....	31
Gambar 3.1 Semen Portland.....	31
Gambar 3.2 Agregat Halus Pasir.....	32
Gambar 3.3 Agregat Kasar.....	39
Gambar 3.4 Air.....	39
Gambar 3.5 <i>Fly Ash</i> .....	40
Gambar 3.6 Saringan/Ayakan.....	40
Gambar 3.7 <i>Seive Shaker</i> .....	41
Gambar 3.8 Oven.....	41
Gambar 3.9 <i>Piknometer</i> .....	42
Gambar 3.10 Timbangan Digital.....	42
Gambar 3.11 Tabung Ukur.....	43
Gambar 3.12 Mesin Pengaduk Beton.....	43
Gambar 3.13 Kerucut Abrams.....	44
Gambar 3.14 Cetakan Benda Uji.....	44
Gambar 3.15 Mesin Uji Kuat Tekan.....	45
Gambar 3.16 Talam.....	45
Gambar 3.17 Tongkat Penumbuk slump.....	46
Gambar 3.18 Alat Vicat(Setting Time).....	46

Gambar 3.19 Grafik Perkiraan Isi Beton.....	53
Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus.....	62
Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar.....	63
Gambar 4.3 Pengujian <i>Slump Test</i> .....	69
Gambar 4.4 Pengujian <i>Setting Time</i> .....	70
Gambar 4.5 Grafik <i>Setting Time</i> .....	71
Gambar 4.6 Penimbangan Benda Uji.....	72
Gambar 4.7 Sampel Benda Uji.....	72
Gambar 4.8 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	73
Gambar 4.9 Beton yang Sudah Diuji.....	73
Gambar 4.10 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton BN.....	75
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton BN + FA5%.....	77
Gambar 4.12 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton BN + FA5% Suhu 4 jam..	78
Gambar 4.13 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton BN + FA5% Suhu 8jam...	79
Gambar 4.14 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton BN + FA5% Suhu 12 jam	80
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Kuat Uji tekan Beton.....	81

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Dokumentasi Pelaksanaan
2. SK Penetapan Dosen Pembimbing
3. Formulir Bimbingan Tugas Akhir

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling sering di pakai karena merupakan bahan dasar pembuatan konstruksi yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan bahan dasar konstruksi lainnya. Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan juga bahan tambah yang kemudian mengeras dan berbentuk padat.

Pemilihan bahan-bahan dalam pembuatan beton sangat penting guna untuk mendapatkan mutu beton yang di inginkan sesuai dengan kegunaan beton itu sendiri dan tentunya dengan tujuan untuk biaya se-ekonomis mungkin. Inovasi untuk menciptakan beton baru memunculkan suatu gagasan yaitu dengan memanfaatkan benda yang tak terpakai (limbah). Limbah yang dapat digunakan untuk campuran beton yaitu sisa pembakaran batubara yang berupa *fly ash* (Abu terbang).

Menurut (Aprio, M. R dan Firdaus, F., 2022) Program Studi Teknik Sipil Universitas Bina Darma, Palembang. Abu terbang (*fly ash*) merupakan abu sisa pembakaran batu bara yang berbutir halus dan mempunyai sifat pozzolanik. *Fly ash* merupakan limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang berupa abu terbang yang keluar dari cerobong asap pembakaran. *Fly ash* termasuk limbah yang dapat mencemari lingkungan yang berbahaya bagi kesehatan jika terhisap bagian pernapasan manusia. *Fly ash* terdiri dari partikel yang halus yang memiliki unsur penyusun seperti Oksida silika( $\text{CaO}_2$ ), Aluminium( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Kalsium (Cao), Potasium, Sodium, Titanium dan Sulfur.

*Fly ash* memiliki bahan penyusun yang meyerupai semen seperti Oksida silika ( $\text{CaO}_2$ ) , Aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) , Besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) , Kalsium (Cao), Potasium, Sodium, Titanium dan Sulfur. *Fly Ash* memiliki sifat yang dapat mengikat seperti semen, tetapi tidak langsung mengikat dan harus di reaktifkan dengan melakukan pemanasan

terhadap *Fly Ash* agar mereaktifkan kandungan silika dan alumina yang terkandung didalam *fly ash* batubara agar dapat mengikat dengan baik.

Menurut (Wardani, L. D. K., 2018), *fly ash* diaktivasi dengan 2 yaitu, metode kimia dan metode fisika. Pada metode kimia *fly ash* yang telah dicampur dengan NaOH dengan variasi 1 M, 1,5 M dan 3 M direfluks pada suhu 90°C selama 60 menit, Hal itu bertujuan untuk mengurangi pengotor yang ada didalam *fly ash*. Pada metode fisika residu *fly ash* diaktivasi dipanaskan dengan menggunakan oven selama 1 jam untuk membuka pori-pori yang tertutup.

Dari permasalahan lingkungan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi waktu pemanasan suhu terhadap abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai bahan Substitusi semen pada beton. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi permasalahan yang ditimbulkan oleh *fly ash* batubara yang menyebabkan limbah dan pencemaran udara, serta menekan biaya pembuatan beton sehingga menjadi lebih ekonomis. Waktu pemanasan *fly ash* batubara dibuat bervariasi untuk melihat mutu beton. Maka berdasarkan ulasan diatas, melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton ( Fc’20).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas sesuai dengan permasalahan yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari pemanasan *fly ash* 5% dengan suhu 100 °C sebagai Substitusi semen dengan variasi waktu pemanasan 4 jam *fly ash*, 8 jam *fly ash* dan 12 jam *fly ash* pada kuat tekan beton Fc’20?
2. Bagaimana kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* 5% dengan suhu 100 °C sebagai Substitusi semen dengan variasi waktu pemanasan 4 jam *fly ash*, 8 jam *fly ash* dan 12 jam *fly ash* pada kuat tekan beton Fc’20?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini di tujukan sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh dari pemanasan *fly ash* 5% dengan suhu 100 °C sebagai substitusi semen dengan variasi waktu pemanasan 4jam, 8 jam dan 12 jam pada kuat tekan beton Fc'20 .
2. Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan penambahan *fly ash* 5% dengan suhu 100 °C sebagai Substitusi semen dengan variasi waktu pemanasan 4 jam, 8 jam dan 12 jam pada kuat tekan beton Fc'20.

### 1.4 Ruang Lingkup

Penelitian agar dapat berjalan dengan lancar dengan ruang lingkup yang di batasi, maka ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Beton Universitas Indo Global Mandiri Palembang.
2. Jenis semen yang digunakan adalah semen Portland type 1.
3. Agregat halus pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Tanjung Raja dan Agregat kasar batu split yang digunakan dalam penelitian merak.
4. Pengujian material dan benda uji menggunakan metode SNI yang dilengkapi dengan ASTM.
5. Penggunaan bahan tambah *fly ash* 5% sebagai substitusi semen
6. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
7. Beton menggunakan bahan tambah *fly ash* yang berasal dari PLTU Tanjung Enim.
8. Pengujian dilakukan dengan memanaskan *fly ash* di dalam oven dengan variasi waktu 4jam, 8jam, dan 12 jam pemanasan.
9. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton mencapai umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari .

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari beberapa bab, dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan seperti, pengertian beton, teori-teori beton, karakteristik beton dan berbagai literatur serta hasil studi yang sesuai dengan pembahasa ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi penelitian ini menyajikan tahapan pengumpulan data, bahan penelitian, lokasi penelitian, dan pengujian yang dilakukan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab hasil dan pembahasan menguraikan tentang pengolahan data hasil penelitian yang telah dilakukan dan juga pembahasan data-data yang diperoleh dari penelitian yang telah diselesaikan.

### **BAB V PENUTUP**

Bab penutup berisikan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton merupakan Sebuah campuran yang telah diformulasikan berdasarkan berat dari unsur- unsur penyusunnya seperti agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan berbagai bahan tambahan yang setelah mengeras akan membentuk massa yang padat (SNI 2847 - 2002).

Beton merupakan campuran dari berbagai bahan, seperti semen *portland* atau semen *hidraulik* yang lain, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang dapat mempengaruhi massa padat beton. Beton juga merupakan hubungan dari bahan konstruksi yang terbentuk pada gabungan air agregat dan semen (Riza dkk, 2022).

Beton termasuk bahan konstruksi yang memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi, dan mampu bertahan terhadap pengaruh pengamatan atau pelapukan hampir kesemua kondisi keadaan lingkungan (Fauzi dkk, 2022).

Beton terdiri atas beberapa jenis, yaitu beton bertulang, beton normal, beton polos, dan jenis lainnya. Salah satu beton yang biasa digunakan untuk konstruksi adalah beton normal. Beton normal memiliki berat isi sebesar 2.200 – 2.500 kg/cm<sup>3</sup>. Beton normal biasa dibuat dengan bahan-bahan alami, dimana agregat alam yang digunakannya dipecah atau bisa juga tidak dipecah. Beton juga terdiri atas beberapa mutu, yaitu mutu rendah dengan  $f_c' < 20$  MPa, beton mutu sedang dengan  $f_c' 21$  MPa sampai 40 MPa, dan beton mutu tinggi dengan  $f_c' \geq 41$  MPa (Rahmawati, dkk, 2021).

##### **2.1.1 Klasifikasi Beton**

Klasifikasi beton secara umum dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, beton kelas I, beton kelas II dan beton kelas III. Penjelasan tentang klasifikasi beton yaitu sebagai berikut :

## **1) Beton berdasarkan kelas dan mutu beton**

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

### a) Beton kelas I

Beton yang digunakan untuk pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0. (Maliisa, 2017)

### b) Beton kelas II

Beton untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II-2 II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K125, K175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinue dari hasilhasil pemeriksaan benda uji.(Pujiyanto, 2011)

### c) Beton kelas III

Beton untuk pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinue.

## **2) Beton berdasarkan jenisnya**

Menurut (Tjokrodimuljo, 2012), macam-macam beton sebagai berikut:

### a) Beton normal

Beton normal merupakan beton yang cukup berat, dengan berat volume 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai kuat tekan 15 – 40 MPa dan dapat menghantar panas.

b) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat kurang dari  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

c) Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm.

### 2.1.2 Klasifikasi Beton Berdasarkan Kuat Tekan

Klasifikasi beton berdasarkan kuat tekan menggunakan sampel dari benda uji silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30cm) ( SNI 03-6468-2000), antara lain:

- a. Beton mutu rendah (low strength concrete)  $f_c' < 20 \text{ Mpa}$
- b. Beton mutu sedang (medium strength concrete)  $f_c' 21 - 40 \text{ Mpa}$
- c. Beton Mutu tinggi (highstrength concrete)  $f_c' \geq 41 \text{ Mpa}$

## 2.2 Sifat Mekanik Kuat Tekan Beton

Sifat Kuat tekan beton bertujuan untuk mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan ialah kemampuan beton untuk menahan dan menerima gaya tekan persatuan luas. Ketika merancang campuran beton, kuat tekan merupakan tujuan utama untuk kualitas beton secara keseluruhan. Tingkat kuat tekan penuh beton adalah kuat tekan beton 28 hari setelah pencampuran.

Dalam perawatan beton (curing) , beton harus dalam keadaan lembab guna tidak terjadinya retakan terhadap beton. Curing sendiri dilakukan untuk menjaga kestabilan temperatur dan perubahan kelembapan di dalam maupun diluar beton, dan untuk membantu mempercepat proses hidrasi (pematatan) beton .

Kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas dan dinyatakan dengan Mpa. Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) dilakukan dengan melakukan uji silinder beton dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pada umur 28 hari dengan

tingkat pembebanan tertentu. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja. Selama periode 28 hari silinder beton ini biasanya ditempatkan dalam sebuah bak yang berisi dengan air dan kelembapan 100%.

### **2.3 Kelebihan dan Kekurangan Beton**

Dalam penggunaan beton, beton juga memiliki berbagai macam kelebihan dan kekurangannya dalam penggunaannya, berikut ini adalah kekurangan dan kelebihan beton menurut menurut (Bangki J, 2020).

#### **a) Kelebihan Beton**

Menurut (Bangki J, 2020) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut:

- 1) Harga lebih murah mengingat bahan dasar yang dipergunakan tersedia di sekitaran kecuali semen Portland yang hanya tersedia di beberapa daerah.
- 2) Awet atau berdaya tahan terhadap aus, kebakaran, perkaratan, pembusukan sehingga murah biaya perawatannya.
- 3) Kekuatan tekannya cukup tinggi sehingga jika dilakukan kombinasi dengan baja tulangan dapat kuat menahan struktur berat
- 4) Betonnya segar sehingga mudah dalam pencetakan dan pegangkutannya.

#### **b) Kekurangan beton**

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan saat digunakan. menurut menurut (Bangki J, 2020) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

- 1) Bahan dasar penyusun beton (agregat halus maupun agregat kasar) bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam,

2) Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.

3) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

## **2.4 Material Penyusun Beton**

Dalam pembuatan Beton, terdapat beberapa material penyusun beton yang terdiri dari semen, air, agregat dan bahan tambah. Berikut ini adalah material penyusun beton:

### **2.4.1 Semen**

Semen berfungsi untuk mengikat butiran butiran agregat supaya terbentuk massa yang kedap (Riza dkk, 2022). Semen merupakan bahan perekat dalam dalam campuran beton hasil penghalusan *klinker* yang senyawa utamanya terdiri dari material *calcareous* seperti *limestone* atau kapur dan material *argillaceous* seperti besi *oksida*, serta *silika* dan *alumina*. Proses pencampuran dilakukan didalam tempat pembakaran dengan temperatur sekitar 1300- 1450°C sampai membentuk *klinker*. Setelah didinginkan ditambah dengan material gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan bahan *inert* pada saat penggilingan terakhirnya.

#### **a) Jenis-jenis semen menurut SNI**

Menurut Standarisai Nasional Indonesia ada beberapa jenis semen yang ada di Indonesia sebagai berikut :

##### **1) Semen portland (OPC = *Ordinary Portland Cement*) SNI 15-2049-2004**

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersamaan dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan

tambah lain. Komponen utama Portland semen adalah kapur (CaO), silika (SiO<sub>3</sub>), alumina (Al<sub>3</sub>O<sub>3</sub>), beberapa magnesia (MgO) dan terkadang beberapa alkali.

Adapun Jenis dan penggunaan semen Portland menurut , SNI 15-2049-2004 adalah sebagai berikut:

- a. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

## 2) **Semen Portland Pozolan (PPC = *Portland Pozzolan Cement*) SNI 15-0302-2004**

Semen *Portland Pozzolan* semen PCC (Portland Cement Composite) yaitu bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama - sama terak semen portland dan gipsun dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit.

Adapun Jenis dan penggunaan semen *portland pozzolan* (PPC) menurut SNI 15-0302-2004, dikelompokkan sebagai berikut :

- a) Jenis IP-U yaitu semen *Portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b) Jenis IP-K yaitu semen *Portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.

- c) Jenis P-U yaitu semen *Portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal lebih tinggi.
- d) Jenis P-K yaitu semen *Portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Persyaratan kimia dan fisika untuk semen *portland pozzolan* (PPC) termasuk pengujian mutunya yang harus dipenuhi masing-masing tipe ditetapkan dalam SNI 15-0302-2004.

### 3) **Semen Portland Komposit (PCC=*Portland Composit Cement*) SNI 15-7064-2004**

Semen Portland Komposit (SNI 7064 - 2004) didefinisikan sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa Portland komposit. Bahan anorganik (bisa lebih dari 1 macam bahan anorganik : terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu

#### 2.4.2 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi ASTM C1602/C1602M-12 (Standar Spesifikasi Untuk Air Campuran Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidrolis). Persyaratan air sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia antara lain:

- a. Air yang digunakan harus air yang bersih.
- b. Air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau diukur di *batching plant*).

- c. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- d. Air bebas pada agregat-agregat.
- e. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- f. Air minum (*potable water*).
- g. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak beton.

Faktor air semen (FAS) adalah indikator penting dalam desain campuran beton karena FAS adalah suatu perbandingan jumlah air dengan jumlah semen dalam campuran beton. Faktor air semen adalah berat pada air dibagi dengan berat pada semen. Semakin rendah nilai FAS yang digunakan, semakin kuat beton tersebut.

Campuran beton dengan nilai FAS lebih tinggi membutuhkan lebih sedikit pasta semen, sedangkan campuran beton dengan nilai FAS lebih rendah membutuhkan lebih banyak pasta semen. Secara umum dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS maka akan semakin mudah dalam pengerjaannya (*workability*) akan tetapi mutu beton yang dihasilkan akan semakin rendah dimana berpengaruh terhadap kekuatannya. FAS bisa mempengaruhi porositas tetapi juga keawetan (*durability*), FAS tidak hanya mempengaruhi porositas tetapi juga daya tahan, karena FAS sangat mempengaruhi kandungan udara dan daya tahan beton. Mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS maka ditambahkan *superplasticzier* untuk mempermudah pengerjaannya.

Air yang berlebih akan menyebabkan banyak gelembung air setelah proses hidrasi selesai, tetapi air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton. Dalam campuran beton, air mempengaruhi:

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Reaksi lanjutan dengan semen Portland memberikan kekuatan dari waktu ke waktu.
4. Perawatan campuran beton untuk memastikan pengerasan yang baik.

Dalam menentukan faktor air semen dalam pembuatan beton, mengacu kepada standar SNI 03-2834-2000. Berikut ini merupakan tabel persyaratan jumlah semen minimum dan air maksimum menurut SNI 03-2834-2000.

**Tabel 2.1** Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum

<b>Lokasi</b>	<b>Jumlah semen Minimum per m<sup>3</sup> beton (kg)</b>	<b>Nilai Faktor Air Maksimum</b>
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif	325	0,52
disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif		
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinue berhubungan:		Lihat tabel 6
a. air tawar		
b. air laut		

( Sumber : SNI 03-2834-2000 )

### 2.4.3 Agregat

Agregat merupakan komponen yang paling Berperan dalam beton. Hal ini dikarenakan pada beton terdapat sekitar 60%-80% volume agregat. Pemilihan jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton akan sangat berpengaruh pada propertis dan kekuatan beton. Sifat agregat yang mempengaruhi properties dan kekuatan beton dapat dibedakan berdasarkan pada tingkat kekasarannya dan ukuran maksimumnya, dimana kekasaran permukaan agregat dapat mempengaruhi kekuatan perekatan antar agregat dan ukuran agregat maksimum dapat berpengaruh pada kekuatan beton. Berdasarkan sifat agregat tersebut, maka secara umum agregat dibagi atas dua jenis yaitu agregat kasar (kerikil dan batu pecah) dan agregat halus (pasir alami dan buatan).

#### A) Agregat Halus pasir

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi..

Berdasarkan standar ASTM C33/C33M-18, agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,75 mm (ayakan no 4) dan lebih besar dari 75  $\mu\text{m}$  (ayakan no 200) yang terdiri dari dari hasil disintegrasi (penghancuran) batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artificial sand*), atau kombinasi keduanya. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen dan air untuk membuat adukan. Pasir juga berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada beton atau bahan bangunan dengan campuran semen lainnya.

Berdasarkan SNI 1970-2008, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan

mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Persyaratan agregat halus yang digunakan secara umum dalam pembuatan beton yang mengacu kepada SNI 03-6820-2002 adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butir – butir tajam dan keras.
- b. Butir halus bersifat kekal yang tidak hancur atau pecah oleh pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur lebih 5% maka pasir harus di cuci terlebih dahulu.
- d. Susunan besar butir agregat mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.
- e. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
- f. Agregat halus digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi Pesyaratan susunan butiran untuk agregat halus.

Menurut ASTM C-33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200. Berikut ini Gradasi agregat halus menurut ASTM C-33 pada Tabel berikut:

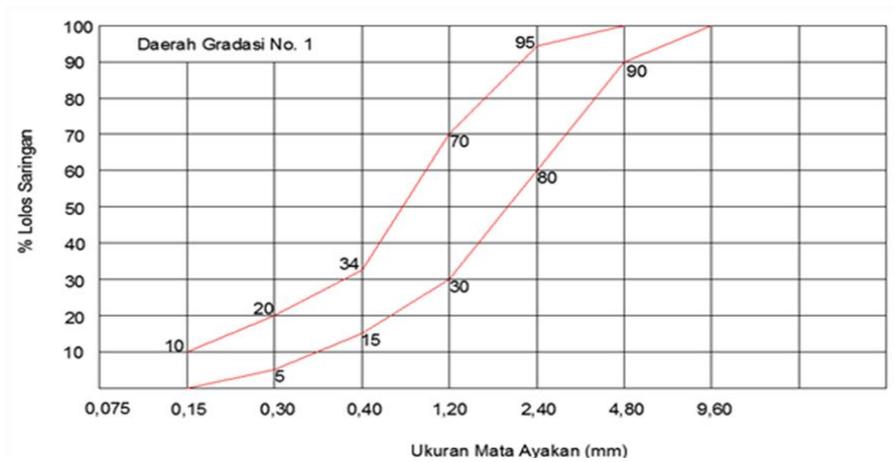
**Tabel 2.2.** Batas-batas Gradasi Untuk Agregat Halus (pasir) ASTM C-33

<b>Ukuran saringan ASTM C 33</b>	<b>Persentase berat yang lolos pada tiap saringan</b>
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

(Sumber: ASTM C.33)

Grafik gradasi batas atas dan batas bawah pada agregat halus setiap saringan yang menurut SNI 03-2834-2000 memiliki 4 daerah gradasi yang mana gradasi 1 pasir Kasar, gradasi 2 pasir sedang, gradasi 3 pasir agak halus, gradasi 4 pasir halus. Grafik gradasi agregat halus sebagai berikut:

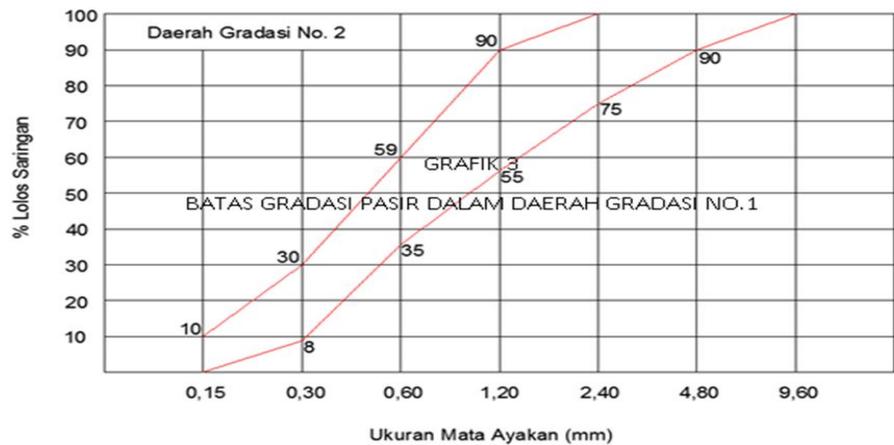
a) Grafik Batas Gradasi Nomor 1 (Pasir Kasar)



**Gambar 2.1** Grafik Batas Daerah Gradasi Nomor 1

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

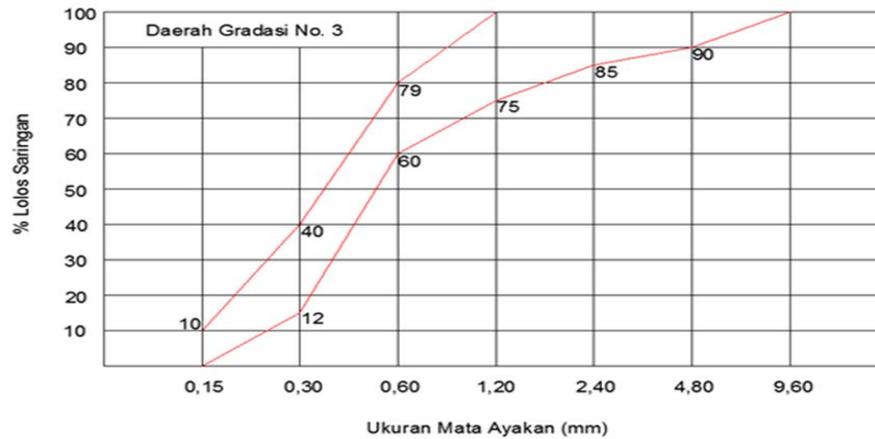
b) Grafik Batas Gradasi Nomor 2 (Pasir sedang)



**Gambar 2.2** Grafik Batas Daerah Gradasi Nomor 2

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

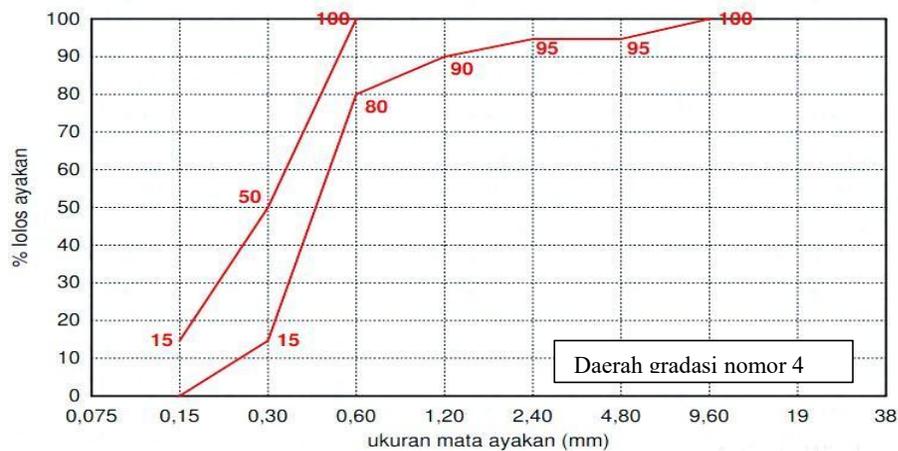
c) Grafik Batas Gradasi Nomor 3 (Pasir Agak halus)



**Gambar 2.3** Grafik Batas Daerah Gradasi Nomor 3

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

d) Grafik Batas Gradasi Nomor 4 (Pasir halus)



**Gambar 2.4** Grafik Batas Daerah Gradasi Nomor 4

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan yang mengacu kepada ASTM dan SNI. Apabila seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka agregat yang dibuat tersebut dapat bermutu baik. Agregat halus harus memenuhi persyaratan ASTM dan SNI yang terdapat pada **Tabel 2.3** sebagai berikut.

**Tabel 2.3** Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode pengujian	Syarat nilai batas
Kadar Organik	ASTM C 40, SNI 2816:2014	Max. No. 3
Analisa Saringan	ASTM C 136, SNI 1968:2010	FM = 2.30 s/d 3.10
Berat Jenis SSD	ASTM C 128, SNI 1970:2008	Min. 2.4
Penyerapan	ASTM C 128, SNI 1970:2008	Max. 4%
Berat Volume	ASTM C 29, SNI 03 - 4804 - 1998	Min. 1200 kg/m <sup>3</sup>
Kadar Air	ASTM C 566, SNI 1971:2011	Tidak bersyarat
Kadar Lumpur Kering	ASTM C 117, SNI 03 - 4141 - 1996	3% (Beton terabrasi) 5% (Beton tidak terabrasi)

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

### **B) Agregat Kasar Split**

Agregat kasar adalah pecahan dari batuan alami atau batu pecah yang diperoleh dari industry pemecah batu dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75mm (SNI 1969-2008). Semakin besar agregat yang digunakan, semakin berkurang kekuatan beton yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besar agregat kasar, maka ruang antar agregat yang dihasilkan semakin besar sehingga berpotensi terjadinya rongga antar agregat yang dapat menyebabkan pengikatan agregat kurang maksimal dan dapat mempengaruhi kualitas dan kuat tekan beton yang akan dihasilkan.

Definisi agregat kasar menurut ASTM C33/C33M adalah agregat yang ukuran butirannya lebih dari 4,75 mm (ayakan no 4) yang terdiri dari kerikil, batu pecah, slag tanur yang dibekukan atau beton dari semen hidrolis yang dihancurkan.

Dalam pembuatan beton, agregat kasar yang digunakan harus memenuhi standar persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2013, yaitu sebagai berikut:

- a. agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori;
- b. agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat digunakan jika butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% dari berat butir seluruhnya;
- c. butir-butir agregat kasar harus kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca;
- d. agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat keringnya. Jika kadar lumpur agregat kasar melampaui 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan;
- e. agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali;
- g. nilai modulus kehalusan agregat kasar berada pada rentang 6,0 – 7,1.

Berdasarkan SNI 03-2834-2000, batasan gradasi agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton berpengaruh terhadap kelecakan dan kekuatan beton. Menurut SNI -03-2834-2000 Agregat kasar memiliki batas gradasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 sebagai Berikut :

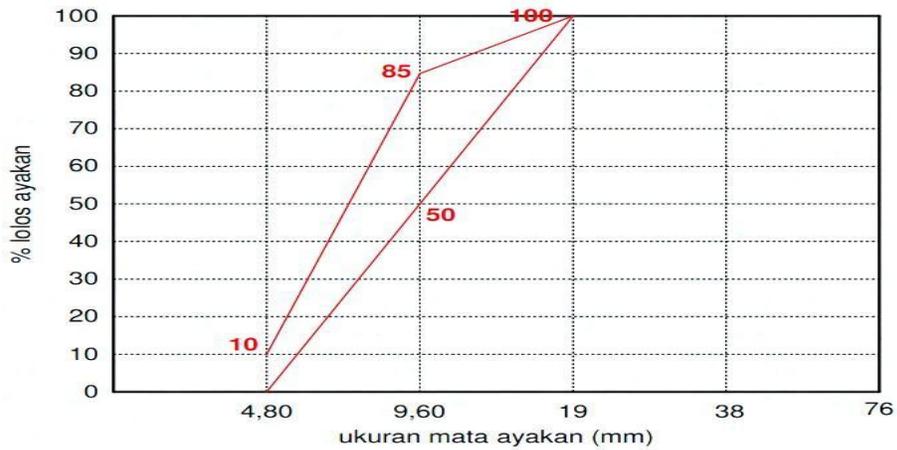
**Tabel 2.4** Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan/Ayakan		
Ayakan		Ukuran 10 mm	Ukuran 20 mm	Ukuran 40 mm
mm	SNI			
4,75	4,8	0 - 10	0 - 10	0 - 5
9,5	9,6	50 - 85	30 - 60	10 - 40
19,0	19	100 - 100	95 - 100	35 - 70
37,5	38		100 - 100	95 - 100
75,0	76			100 - 100

( Sumber : SNI 03-2834-2000 )

Grafik gradasi pada agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 memiliki 3 batas gradasi yaitu batas gradasi ukuran 10mm,20mm dan 40mm. Grafik gradasi agregat kasar sebagai berikut:

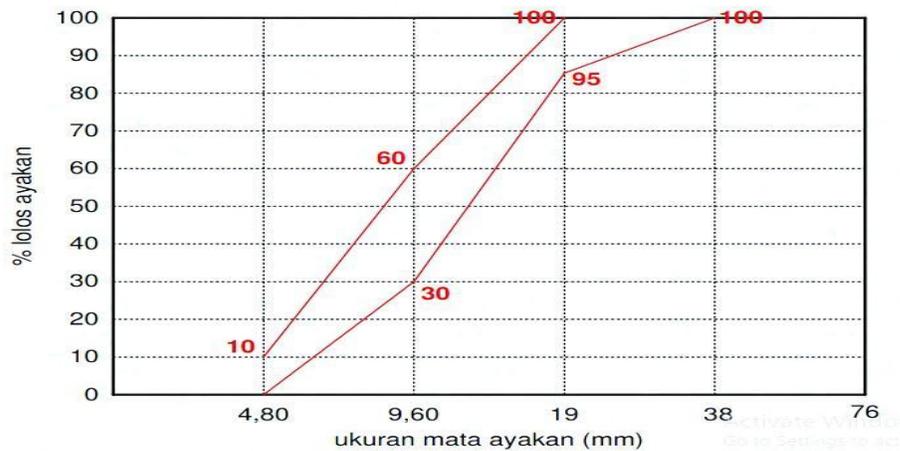
a) Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 10 mm



**Gambar 2.5** Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 10 mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

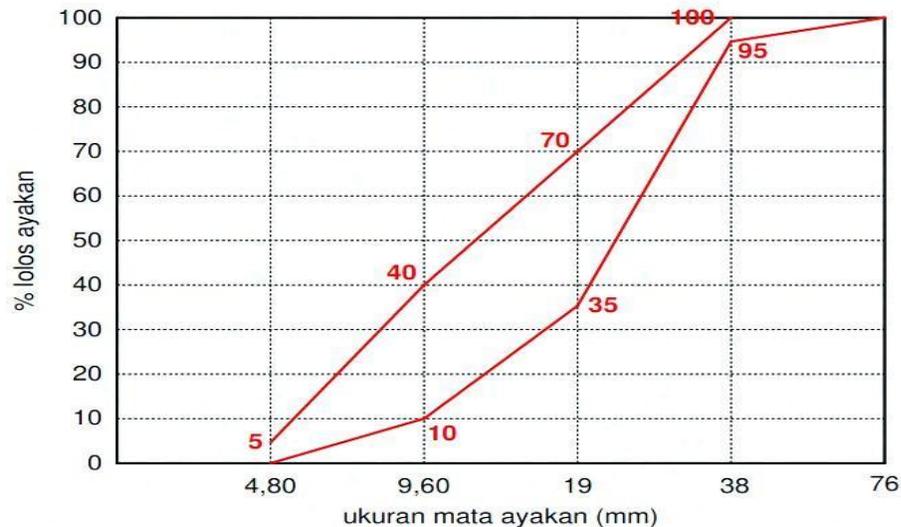
b) Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm



**Gambar 2.6** Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

c) Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 40 mm



**Gambar 2.7** Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 40 mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

## 2.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI. Menurut SNI 03-2495-1991 bahan tambahan adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya.

Di Indonesia bahan tambah telah banyak dipergunakan. Manfaat dari penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan dipakai di lapangan. Pemberian bahan tambah pada adukan beton dengan maksud untuk: memperlambat/mempercepat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan,

menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya.

### **2.5.1 Jenis Bahan Tambah Beton**

Bahan tambah memiliki 2 jenis yang secara umum sering digunakan yang merupakan bahan tambahan kimia (*admixture*) dan bahan tambah mineral (*Additive*). Bahan tambah kimia yang mengacu kepada standar ASTM C.494/C.494-92, “*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*”. Bahan tambah yang digunakan dalam pembuatan beton menurut ASTM C.494/C.494-92 adalah sebagai berikut:

#### **1. Bahan Tambah Kimia**

Bahan kimia yang ditambahkan berguna untuk mengontrol (memperlambat atau mempercepat) waktu pengeringan, mengurangi kebutuhan penggunaan air, membuat beton lebih mudah dalam pengerjaannya, atau meningkatkan nilai *slump*. Jenis bahan kimia tambahan dibagi menjadi tujuh jenis bahan tambahan sebagai berikut:

##### **a. Tipe A - Mengurangi air “Water-Reducing Admixture”**

Aditif yang mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi atau kekuatan tertentu. Jenis ini digunakan antara lain untuk menghasilkan beton dengan rasio air-semen yang rendah dan tanpa mengurangi kadar air dan nilai slump semen, menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.

##### **b. Tipe B - Memperlambat pengikatan “Retarding Admixtures”**

Bahan tambah ini berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu ikat beton (*setting time*).

##### **c. Tipe C - Mempercepat pengikatan “Accelerating Admixtures”**

Aditif ini membantu mempercepat pengaturan kekuatan awal dan pembangunan beton. Aditif ini digunakan untuk mengurangi waktu pengeringan (hidrasi) dan mencapai kekuatan beton.

d. Tipe D - A+B “Water Reducing and Retarding Admixtures”

Aditif ini memiliki fungsi ganda untuk memperlambat pengerasan awal serta pengerasan beton sekaligus mengurangi jumlah air pencampur yang dibutuhkan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

e. Tipe E - A+C “Water Reducing and accelerating Admixtures”

Aditif memiliki fungsi ganda. Ini berarti mengurangi jumlah air campuran yang dibutuhkan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, mempercepat proses pengerasan dan pengerasan beton.

f. Tipe F - Superplasticizer “Water Reducing High Range Admixtures”

Aditif dirancang untuk mengurangi jumlah air pencampur yang dibutuhkan untuk menghasilkan beton sebesar 12% atau lebih dalam kondisi tertentu.

g. Tipe G “Water Reducing, High Range Retarding Admixtures”

Aditif dirancang untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu hingga 12% atau lebih sambil menghambat pengerasan dan pengerasan beton.

## 2. Bahan Tambah Mineral (Additive)

Jenis bahan tambah mineral (additive) yang ditambahkan pada beton bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan kuat tekan beton dan lebih bersifat penyemenan. Beton yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif (melekat) dan mudah bleeding (naiknya air permukaan). Untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah additive yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan additive biasanya dilakukan pada beton kurus, dimana betonnya kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen yang biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Yang termasuk jenis additive adalah : *pozzollan*, *slag*, *silica fume* dan *fly ash*. Yang termasuk dalam jenis – jenis bahan tambah mineral (additive) adalah sebagai berikut:

a. Pozzolan

Adalah bahan yang mengandung senyawa silica dan Alumina dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan Kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar membentuk senyawa Kalsium Aluminat hidrat yang mempunyai sifat seperti semen. Bahan Pozzolan terbagi 2 yaitu:

**1. Pozzolan Alam (Natural)** : Tufa, abu vulkanis dan tanah Diatomae. Di Indonesia Pozzolan alam dikenal dengan nama *TRASS*.

**2. Pozzolan Buatan (sintetis)** : yang termasuk dalam jenis ini adalah hasil pembakaran tanah liat dan hasil pembakaran batu bara (Fly Ash).

Mineral pembantu yang digunakan umumnya mempunyai komponen aktif yang bersifat pozzolanik (disebut juga mineral pozzolan). Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif (Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, PUBI-1982). Pozzolan sendiri tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus (lolos ayakan 0,21 mm) bereaksi dengan air dan kapur padam pada suhu normal 24-27 °C menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air.

Pozzolan dapat dipakai sebagai bahan tambah atau pengganti sebagai semen portland. Bila pozzolan dipakai sebagai bahan tambah akan menjadikan beton lebih mudah diaduk, lebih rapat air, dan lebih tahan terhadap serangan kimia. Beberapa pozzolan dapat mengurangi pemuaian akibat proses reaksi alkali-agregat (reaksi alkali dalam semen dengan silika dalam agregat), dengan demikian mengurangi retak-retak beton akibat reaksi tersebut. Pada pembuatan beton massa pemakaian pozzolan sangat menguntungkan karena menghemat semen, dan mengurangi panas hidrasi (Kardiyono, 1996).

Berlawanan dengan reaksi hidrasi dari semen dengan air yang berlangsung cepat dan kemudian membentuk gel kalsium silikat hidrat dan kalsium hidroksida, reaksi pozzolanik ini berlangsung dengan lambat sehingga pengaruhnya lebih kepada

kekuatan akhir dari beton. Panas hidrasi yang dihasilkan juga jauh lebih kecil daripada semen portland sehingga efektif untuk pengecoran pada cuaca panas atau beton masif. Material pozzolan dapat berupa material yang sudah terjadi secara alami ataupun yang didapat dari sisa industri. Masing-masing mempunyai komponen aktif yang berbeda. komponen aktif mineral pembantu yang berasal dari material alami dan material sisa proses industri. Umumnya material pozzolan ini lebih murah daripada semen portland sehingga biasanya digunakan sebagai pengganti sebagian semen. Persentase maksimum pengantian ini harus diperhatikan karena dapat menyebabkan penurunan kekuatan beton. Kebutuhan air pada beton dapat meningkat untuk kelecakan yang sama karena ukuran partikel material pozzolan yang halus. Namun bentuk partikel material ini akan mempengaruhi kebutuhan akan airnya.

Dengan semakin banyaknya pemakaian beton di dalam industri konstruksi termasuk jalan beton maka semakin banyak pula usaha untuk membuatnya semakin canggih dan semakin ekonomis. Namun, seiring meningkatnya industri beton juga berdampak pada lingkungan karena meningkatnya pemakaian energi untuk produksi beton. Mineral pada campuran beton biasanya berupa pozzolan dan material lain pengganti agregat, seperti agregat ringan. Pozzolan merupakan bahan alami atau buatan yang mempunyai sifat pozzolanik dengan unsur silika dan alumina yang aktif. Silika dan alumina aktif ini akan bereaksi dengan kapur bebas, yang merupakan sisa reaksi hidrasi air dengan semen, untuk menjadi tobermorite (mineral kalsium silikat hidrat) lagi yang sama dengan hasil hidrasi air dengan semen sebelumnya, sehingga akan meningkatkan kuat tekan beton.

#### b. Slag

Slag adalah produk sampingan dari bahan non-logam dari pabrik peleburan besi di tungku yang mengandung campuran kalsium silikat dan kalsium silikatalumina. Menurut SNI 8379-2017 slag yang merupakan limbah dari produksi besi dan baja sebagai bahan material pilihan yang berfungsi sebagai lapisan struktural

yang mendukung lapisan konstruksi perkerasan di atasnya dan melindungi lapisan konstruksi di bawahnya. Definisi slag menurut pendapat ATSM C 989-99, “*Standard Specification For Ground Granulated Blast-Furnace Slag Use In Concrete And Mortar*”, (ASTM,1995:494) adalah produk non-logam yang berupa partikel halus yang dihasilkan oleh pembakaran dan selanjutnya didinginkan, misalnya dengan berendam di air.

c. Silica Fume

*Silica fume* merupakan bagian dari mineral *admixture* berupa material pozzolan yang berbentuk halus ukurannya 100 kali lebih kecil (0,1-0,2 mm) jika dibandingkan dengan semen komposisi *silica* banyak dihasilkan dari sisa produksi silikon atau alloy besi silikon. Pengaruh *silica fume* pada campuran beton sebagai filler dan bahan pozzolan yang bereaksi secara kimia. *Silica fume* juga berpengaruh sebagai bahan pozzolan dimana  $\text{SiO}_2$  (*silikon dioksida*) bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  (*kalsium hidriksid*) merupakan bahan sisa dari hasil hidrasi semen. dari hasil reaksi keduanya menghasilkan CSH (*kalsium silikat hidrat*) yang dihasilkan dari hidrasi semen yang memberikan kekuatan pada kerasnya beton dan reaksi tersebut meyebar ke seluruh sisi pada beton sehingga menambah kekuatan lekatan antara agregat dan pasta semen.

d. Fly Ash

*Fly Ash* merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Fly ash* batubara ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan beton yang disubstitusikan terhadap semen karena memiliki unsur penyusun yang hampir serupa dengan semen.

*Fly Ash* Batubara ini mempunyai kandungan kimia dengan komposisi yang berbeda pada setiap jenisnya, namun secara garis besarnya kandungan kimia dalam *Fly Ash* Batubara adalah: Kalsium Oksida (CaO) 3,54%: Silika (SiO<sub>2</sub>) 56,42%: Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 27,32%: Ferioksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 5,39%: Magnesium Oksida ( MgO) 1,36%: Natrium Oksida (Na<sub>2</sub>O) 0,13%: Sulfur (SO<sub>3</sub>) 3,16%. (Setiawati, M., & Rivai, M. A. (2017).

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa, *Fly Ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 milimikron) 5-27%, dengan specific gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses *pozzolanic* dari *Fly Ash* mirip dengan bahan *pozzolan* lainnya. Menurut ASTM C.618 (ASTM, 1995:304) abu terbang (*Fly Ash*) didefinisikan sebagai butiran halus residu pembakaran batubara atau bubuk batubara.

Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat *pozzolanic*. Kandungan *Fly Ash* sebagian besar dari silikat dioksida (SiO<sub>2</sub>), aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit.

Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang tergantung tipe batu bara. Menurut ASTM C618-86, terdapat tiga jenis abu terbang, kelas F, kelas C dan N. kelas F dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit dan bituminous, sedangkan kelas C dari batu bara jenis lignite dan subituminous yang memiliki kadar kapur tinggi. Kelas N Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran.

#### 1. Klasifikasi Fly Ash

Klasifikasi *fly ash* pada umumnya dilakukan dengan memperhatikan kadar senyawa kimiawi (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kadar CaO (*hightcalcium dan low calcium*), dan kadar karbon (*hight carbon dan low carbon*). Menurut ASTM C 618 – 96, klasifikasi *fly ash* yaitu :

a. Kelas C

Fly ash kelas C disebut juga high – calcium fly ash. Ini dikarenakan mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self – cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air dalam waktu sekitar 45 menit), dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur). Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 50%, kadar CaO > 10%, kadar karbon (C) sekitar 2%. Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bituminous (batubara muda) Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% (SNI 03-6468-2000) dari total berat binder.

b. Kelas F

Fly ash kelas F merupakan fly ash yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quicklime, hydrated lime, atau semen. *Fly ash* kelas F kadar kapurnya rendah (CaO < 10%), ASTM 20%, CSA 8% . Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%, kadar CaO < 10%, kadar karbon (C) berkisar antara 5% - 10%, *fly ash* kelas F disebut juga low calcium *fly ash*, yang tidak mempunyai sifat cementitious dan hanya bersifat pozzolanic. Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% (SNI 03-6468-2000) dari total berat binder.

c. Kelas N

*Fly ash* kelas N adalah pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, abu vulkanik, dimana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik. Unsur utama dalam proses geopolymerisasi adalah Silika dan Alumina. Oleh karena itu fly ash yang bisa digunakan sebagai geopolymer adalah jenis fly ash yang memiliki kandungan CaO rendah dan kandungan Silika dan Alumina lebih dari 50%. Di dalam *fly ash* terdapat kandungan kimia sebagai penyusun *fly ash*, menurut (SNI 2460-2014) Kandungan kimia yang terdapat pada *fly ash* dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.5** Persyaratan Kimia *Fly Ash*

Senyawa kimia	Jenis F	Jenis C	Jenis N
Oksida Silika (SiO <sub>2</sub> ) + Oksida Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Oksida Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), minimum %	70 %	50%	70%
Trioksida Sulfur (SO <sub>3</sub> ), maksimum %	5%	5%	4%
Kadar Air, maksimum %	3%	3%	3%
Kehilangan Panas, maksimum %	6%	6%	10%

( Sumber SNI 2460:2014)

*Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah hasil pembakaran batubara PLTU Bukit Asam yang berada Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Yang mana Komposisi penyusun fly ash batubara menurut analisis PLTU PT.Bukit Asam (Persero.Tbk) dapat dilihat pada berikut:

**Tabel 2.6** Komposisi Fly Ash PLTU Bukit Asam

Parameter Analisa	Satuan	Hasil Analisis
Silika (SiO <sub>2</sub> )	Wt%	50,00-70,00
Iron (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Wt%	3,00 – 7,00
Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Wt%	10,00 – 33,00
Calsium Oksida (CaO)	Wt%	1,00 – 3,00
Magnesium Oksida (MgO)	Wt%	0,50 – 1,50
Natrium Oksida (Na <sub>2</sub> O)	Wt%	0,60 – 3,50
Kalium Oksida (K <sub>2</sub> O)	Wt%	0,20 – 0,70

(Sumber : Data Analisis Abu Batubara PLTU PT.Bukit Asam (Persero.Tbk)

Dalam penelitian yang dilakukan (Chandra, D. (2021), dilakukan pengujian kandungan fly ash dari PLTU Bukit Asam di laboratorium Balai Pengujian keramik Bandung, pemeriksaan fly ash ini dilakukan dengan metode pengujian X-Ray Deffraction (XRD) untuk mengetahui unsur mineral alumina dan silika relative komposisi material *fly ash* yang digunakan. Adapun hasil pengujian X-Ray Deffraction (XRD) *fly ash* dapat dilihat pada tabel Tabel 2.7 berikut:

**Tabel 2.7** Hasil Pengujian Komposisi Mineral *Fly ash*

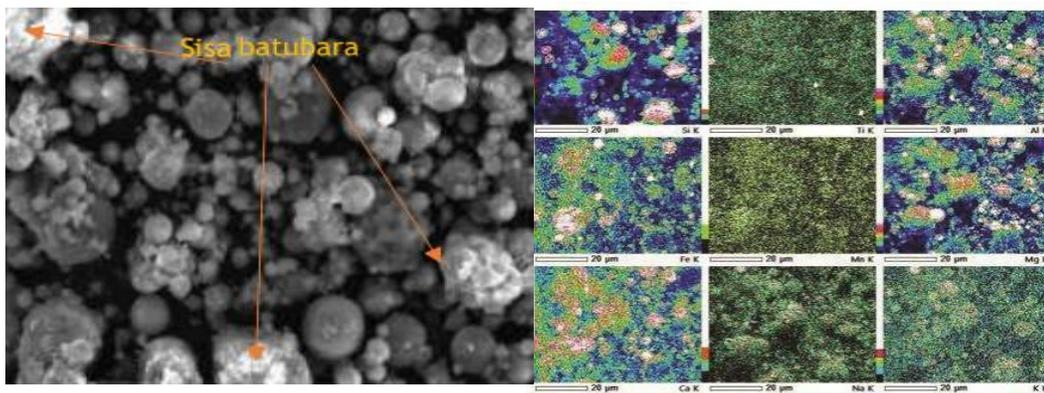
Oxides	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Natural %	43,61	4,59	3,63	20,75	1,00	0,96	2,01	0,51	0,68	0,18

( Sumber : Chandra, D. 2021)

Dari Tabel hasil pengujian tersebut didapatkan hasil kandungan dari fly ash setelah dilakukan Pengujian X-Ray Deffraction (XRD) yang mana didapat jumlah presentase dari silika (SiO<sub>2</sub>) sebesar 43,61% dan Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebesar 20,75%. Dari tabel 2.6 dapat disimpulkan fly ash yang digunakan dari PLTU Bukit Asam yang berada Tanjung Enim, Sumatera Selatan merupakan type f karena kandungan (CaO < 10%) disebut juga *low calcium fly ash*, yang tidak mempunyai sifat cementious dan hanya bersifat pozzolanic.

Dalam pnegujian *fly ash* terdapat Pengujian Pengujian SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) yang bertujuan untuk mengetahui komposisi dan penyebaran element yang terkandung dalam *fly ash*. Menurut Penelitian yang dilakukan (Mubdiana Arifin,Dkk, 2019), menunjukan persebaran yang merata pada elemen silikon, aluminium dan oksigen sebagai komponen utama fly ash. Pada hasil pengujian terdapat juga oksida besi dan oksida alkali yang terdapat di permukaan oksida silikon-aluminium berupa oksida kalsium

dan magnesium serta kehadiran oksida kalium dan natrium dalam jumlah yang lebih kecil. Gambar dibawah ini menunjukkan morfologi butir fly ash yang didominasi oleh bentuk sub-rounded (Membundar-tanggung) dan terlihat adanya sisa batubara yang belum terbakar dengan sempurna. Pada hasil pengujian terdapat juga oksida besi dan oksida alkali yang terdapat di permukaan oksida silikon-aluminium berupa oksida kalsium dan magnesium serta kehadiran oksida kalium dan natrium dalam jumlah yang lebih kecil. Berikut ini gambar hasil dari Pengujian *SEM-EDS* (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*).



**Gambar 2.8** hasil Pengujian *SEM-EDS*

(Sumber : (Mubdiana Arifin,Dkk, 2019)

## 2. Cara Penggunaan *fly ash*

*fly ash* adalah salah bahan yang bersifat pozzolan yang dapat digunakan untuk menggantikan semen, akan tetapi *fly ash* tidak memiliki kemampuan mengikat material langsung seperti semen, sama halnya dengan semen yang membutuhkan aktivator berupa air, dalam penggunaanya *fly ash* ini juga memerlukan aktivator untuk mereaktifkan kandungan silika dan alumina didalamnya sehingga dapat mengikat material lain yang ada di sekitarnya.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wardani, L. D. K., 2018), melakukan penelitian *fly ash* yang diaktivasi dengan metode kimia dan metode fisika. Pada metode kimia *fly ash* yang telah dicampur dengan NaOH dengan variasi 1 M, 1,5 M

dan 3 M direfluks pada suhu 90°C selama 60 menit, kemudian diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit. Hal itu bertujuan untuk mengurangi pengotor yang ada didalam fly ash. Pada metode fisika residu *fly ash* diaktivasi dipanaskan dengan menggunakan oven pada variasi temperatur 373°K (99 °C), 393°K (120°C) dan 413°K (120 °C) selama 1 jam untuk membuka pori-pori yang tertutup. Aktivasi *fly ash* dilakukan dengan dengan cara fisika yaitu dengan cara memanaskan *fly ash* dengan oven yang maka terbentuk lebih banyak pori sehingga kemampuan adsorbsinya semakin meningkat.

Pada penelitian ini dilakukan aktivasi *fly ash* dengan cara fisika yaitu mengoven *fly ash* pada suhu 100 °C dengan variasi waktu pemanasan 4, jam ,8 jam dan 12 jam. Tujuan dari waktu pemanasan yang dibuat bervariasi guna untuk melihat kuat tekan beton dengan substitusi *fly ash* dengan waktu pemanasan berapa jam yang memiliki kuat tekan yang lebih kuat ketika diuji.

## **2.6 Pengujian Beton**

Pengujian beton segar ini dilakukan pada dasarnya untuk melihat konsistensi campuran sebagai dasar untuk kemudahan pekerjaan. Pengujian beton segar yang dilakukan meliputi pengujian *slump test* dan kuat tekan beton.

### **2.6.1 Slump Test**

Menurut (SNI 1972-2008), uji *slump* beton dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton normal. Hasil dari pengujian ini digunakan dalam perancangan beton pengendalian mutu beton dan pekerjaan pelaksanaan dalam pembetonan. *Slump* beton merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan beton. Untuk mendapatkan nilai slump pada beton, campuran beton segar dimasukkan ke dalam sebuah cetakan yang berbentuk kerucut terpancung, dipadatkan dengan batang penusuk.

Pengukuran *slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan menggunakan alat sebagai berikut:

- a) Kerucut Abram
  - 1) Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka
  - 2) Diameter atas 102 mm
  - 3) Diameter bawah 203 mm
  - 4) Tinggi 305 mm
  - 5) Tebal plat minimal 1,5 mm
- b) Batang besi penusuk
  - 1) Diameter 16 mm
  - 2) Panjang 60 cm
  - 3) Memiliki kedua ujung berbentuk bulat setengah dengan diameter 16 mm

Pengerjaan beton berkaitan erat dengan nilai kelecakan atau ke-enceran adukan beton. Semakin cair adukan beton maka semakin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukanbeton dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton akan makin mudah untuk dikerjakan dalam pengecoran.

**Tabel 2.8** Kategori Nilai *Slump*

Keterangan	<i>Slump (mm)</i>	Air Yang Diperlukan %
Sangat Kering	-	78
Sangat Keras	-	83
Keras	0-30	88
Agak Plastis	30-80	92
Plastis	80-130	100
Encer	130-180	106

(Sumber : SNI 1972-2008)

### 2.6.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-2011 memberikan pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan tinggi 20 cm dan diameter 10 cm. Nilai kuat tekan beton dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots \text{pers.}(2.1)$$

Dimana:  $f'_c$  = kuat tekan (MPa)

$P$  = beban maksimum yang bekerja, terbaca dalam alat uji (N)

$A$  = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### 2.7. Pengujian *Setting Time*

Pengujian *setting time* atau sering juga disebut waktu ikat awal dalam pengujian beton segar. Waktu pengikatan (*setting time*) beton menurut SNI 03-6827-2002, merupakan suatu proses yang bertahap. Karena waktu pengikatan merupakan suatu proses yang bertahap, maka definisi nya harus diperlakukan secara tidak tetap pula dalam menentukan waktu ikat awal (*initial sett*) dan waktu ikat akhir (*final sett*) beton. Menentukan ikatan awal dan akhir pengikat dan juga dapat digunakan untuk pengikat (pasta). Dalam metode uji ketahanan penetrasi ini, waktu yang dibutuhkan mortar untuk mencapai nilai ketahanan penetrasi yang ditentukan ditentukan sebagai waktu pengerasan beton. Standar uji *setting time* adalah SNI 03-6825-2002 Cara uji *setting time* menggunakan alat Vicat untuk teknik sipil.

Waktu pengerasan awal adalah waktu yang dibutuhkan pasta semen untuk berubah dari cair menjadi padat. Waktu ikat awal akan ditentukan dari grafik penetrasi waktu, biasanya ditandai dengan penurunan penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. Waktu ikatan terakhir adalah saat jarum Vicat tidak terlihat penetrasi atau pembacaan jarum masih 40 mm.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan (Aprio, M. R dan Firdaus, F., 2022), Program Studi Teknik Sipil Universitas Bina Darma, Palembang. Abu terbang (*Fly Ash*) merupakan abu sisa pembakaran batu bara yang berbutir halus dan mempunyai sifat pozzolanik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan Fly Ash sebagai substitusi semen pada campuran beton dengan variasi campuran 10%, 20%, 30%, dan variasi suhu 50°C, 60°C, 70°C. Total benda uji 30 buah dalam pengujian dengan umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15cm x 30cm. Hasil Penelitian menunjukkan yang paling tertinggi adalah beton variasi 10% yang menggunakan suhu 50°C dengan nilai kuat tekan 18, 94 Mpa, Sedangkan rata-rata terendah adalah 11,82 Mpa.

Penelitian yang dilakukan (Setiawati, M., & Rivai, M. A. (2017), Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah, Palembang. Melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan beton. Persentase fly ash yang digunakan bervariasi, mulai dari 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%. Beton akan diuji pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari setelah terlebih dahulu dilakukan curing. Dari hasil penelitian didapati bahwa penggunaan fly ash sebesar 7,5% memberikan nilai optimum yaitu sebesar 334,47 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur beton 28 hari. Penggunaan fly ash sebesar 15% menghasilkan beton dengan kekuatan terendah. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase penggunaan fly ash pada campuran beton, akan menghasilkan beton dengan kekuatan yang semakin menurun.

Penelitian yang dilakukan (Chandra, D., 2021), Material yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan pemanasan dengan oven. Dan aktivator yang digunakan sebagai pembentuk beton geopolimer adalah Kalium. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh aktivator untuk mencapai mutu beton yang di rencanakan berupa beton ringan dengan mutu yang tinggi. Pengujian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang dengan membuat 18 benda uji silinder diameter 100 mm x 200 mm. Pembuatan benda uji dilakukan kondisi

material agregat dalam kondisi Saturated Surface Dry (*SSD*) dan kering oven pada suhu 60°C dengan waktu 1 jam, dengan perawatan benda silinder dengan suhu ruangan sampai waktu benda uji akan di uji. Produk penelitian yang dilakukan adalah grafik hubungan perilaku material kondisi *SSD* dan kering oven pada material beton gopolymer dengan aktivator Kalium dalam menerima beban tekan. Dari grafik tersebut dapat dilihat pengaruh kondisi material dan aktivator Kalium sebagai material beton geopolymer dalam menerima beban tekan dengan nilai kuat tekan  $f_c$  30 Mpa.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Indo Global Mandiri Palembang. Pemilihan lokasi praktek dikarenakan ketersediaan alat dan lokasi praktik yang mendukung dan akan lebih mudah melakukan pengujian terhadap benda uji yang akan dibuat secara langsung. Dengan kemudahan tersebut sehingga Tidak ada hambatan dalam proses pemindahan tempat, bahan-bahan dan pembuatan benda uji yang dilakukan untuk penelitian.

#### **3.2 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Di dalam metode ini akan dijelaskan langkah-langkah penelitian. Langkah di dalam penelitian ini akan dimulai dengan studi literatur, kemudian penyiapan peralatan, pemeriksaan material, merancang proporsi campuran beton, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian benda uji dan menganalisa data.

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Di dalam pengujian ini terdapat beberapa bahan dan peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### **3.3.1 Bahan Yang Digunakan**

Bahan dalam pembuatan penelitian pembuatan benda uji beton sebagai berikut :

##### **1. Semen Portland**

Semen merupakan bahan yang di pakai dalam pekerjaan konstruksi dalam pembuatan beton. Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen Portland type I dengan merek semen baturaja.



**Gambar 3.1** Semen Portland

## **2. Agregat Halus pasir**

Agregat halus yang dipakai untuk penelitian tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak dan lumpur >5% berat kering. Agregat halus atau pasir yang digunakan untuk Pembuatan beton dalam penelitian ini berasal dari daerah Tanjung Raja.



**Gambar 3.2** Agregat Halus pasir

## **3. Agregat Kasar Batu Split**

Agregat kasar batu split yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan agregat yang berasal dari daerah Merak yang memiliki ukuran butiran agregat 10-20 mm atau disebut batu setengah ( $\frac{1}{2}$ ).



**Gambar 3.3** Agregat Kasar

#### **4. Air**

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus air bersih, tidak mengandung lumpur, minyak, dan tidak mengandung garam yang dapat merusak beton dan juga tidak boleh memiliki pH air yang tinggi. Karena hal tersebut dapat mengurangi mutu beton yang akan dibuat

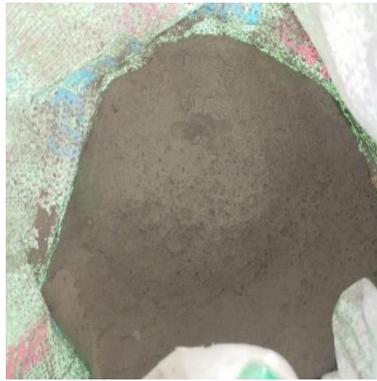


**Gambar 3.4** Air

#### **5. Fly Ash**

*Fly Ash* adalah sisa hasil proses pembakaran batu bara yang keluar dari tungku pembakaran yang digunakan sebagai bahan campuran atau substitusi semen yang memiliki bahan penyusun seperti semen yaitu, aluminium, silika, magnesium dan bahan penyusun lainnya dan bersifat pozzolan. *Fly ash* yang digunakan pada

penelitian ini yaitu *fly ash* dengan tipe F yang mana *fly ash* tersebut memiliki kandungan kadar CaO < 10% .



**Gambar 3.5** *Fly Ash*

### **3.3.2 Alat – alat Yang Digunakan**

Dalam pembuatan benda uji beton ada beberapa peralatan yang digunakan. Berikut ini peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. Saringan / Ayakan

Saringan digunakan untuk menyaring agregat sesuai dengan besar butiran yang tertahan di setiap nomor saringan. Ukuran lobang ayakan yang dipakai pada penelitian tersebut yaitu Nomor 4, Nomor 8, Nomor 16, Nomor 30, Nomor 50, Nomor 100, Nomor 200 dan Pan.



**Gambar 3.6** Saringan / Ayakan

b. *Sieve Shaker*

Alat ini digunakan untuk menggetarkan ayakan pada analisa saringan, ayakan tersebut digetarkan kurang lebih selama 15 menit untuk membuat agregat masuk kesetiap saringan/ayakan yang sesuai dengan ukuran setiap butir agregat.



**Gambar 3.7** *Sieve Shaker*

c. Oven

Oven digunakan sebagai alat untuk mengeringkan agregat yang akan di jadikan sampel. Dan juga digunakan sebagai pemanas *fly ash* yang akan digunakan dalam bahan substitusi semen.



**Gambar 3.8** Oven

d. *Piknometer (Labu Ukur)*

Alat ini di gunakan untuk mengetahui berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) berat jenis kering dan penyerapan agregat halus.



**Gambar 3.9** Piknometer

e. Timbangan

Kegunaan timbangan digital ini untuk menimbang agregat halus, semen, agregat kasar dalam pembuatan benda uji beton. Selain untuk menimbang agregat, timbangan juga digunakan untuk mengetahui berat dari beton sebelum beton tersebut diuji tekan pada mesin press beton.



**Gambar 3.10** Timbangan Digital

f. Tabung Ukur

Tabung ukur merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kadar lumpur dari agregat halus. Penggunaan tabung ukur dengan tabung dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur, biarkan lumpur tetap berada didalam gelas karena nantinya akan

mengendap pada bagian atas sehingga bisa diukur ketinggiannya kemudian dihitung prosentasi kandungan kadar lumpur pada agregat halus.



**Gambar 3.11** Tabung Ukur

g. Mesin Pengaduk Beton (*Mixer*)

Mesin pengaduk beton alat ini digunakan untuk membantu proses aduk campuran beton. Dengan menggunakan alat ini hasil adukan semen akan lebih merata.



**Gambar 3.12** Mesin Pengaduk Beton (*Molen*)

h. Kerucut Abrams

Kerucut abrams pada penelitian ini digunakan sebagai alat pengecekan *Slump test* bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*). yang dinyatakan dalam nilai tertentu. Kerucut ini memiliki tinggi 30 cm dan diameter atas 0 cm, dan diameter bawah sebesar 20 cm.



**Gambar 3.13** Kerucut Abrams

i. Cetakan Benda Uji

Cetakan digunakan untuk membuat benda uji beton terbuat dari baja, besi atau bahan lain yang tidak menyerap air. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm.



**Gambar 3.14** Cetakan Benda Uji

j. Mesin Uji Kuat Tekan Beton

Alat ini digunakan untuk Pengujian kuat tekan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat diberikan pada benda uji beton dengan cara menekan beton silinder yang telah dibuat dengan melihat daya tekan yang tertera pada mesin berapa mpa yang dapat ditahan beton. Setelah mengetahui besarnya beban maksimal, data

dari hasil pengujian tersebut dicatat untuk mengetahui data beton yang diuji.



**Gambar 3.15** Mesin Uji Kuat Tekan

k. Talam

Talam digunakan sebagai wadah agregat halus yang terbuat dari alumunium dan berbentuk kotak yang tahan panas bila dimasukan kedalam oven.



**Gambar 3.16** Talam

l. Tongkat penumbuk Slump

Tongkat penumbuk slump digunakan sebagai penumbuk beton Ketika akan melakukan pengujian slump. Penumbukan dilakukan sebanyak 25 kali untuk setiap 1/3 beton yang masuk ke dalam kerucut abrams.



**Gambar 3.17** Tongkat Penumbuk Slump

m. Vicat (waktu pengikat semen)

Alat ini digunakan untuk pengujian waktu ikat semen, vicat berfungsi untuk mengetahui waktu dalam proses perubahan semen dari keadaan cair ke keadaan kaku atau mengeras.



**Gambar 3.18** Alat Vicat (Setting Time)

n. Alat Pelengkap

Alat pelengkap ini berupa meteran, centong, secop, kunci 10 & 12, loyang, palu karet, kuas, masker, sarung tangan, dan juga sikat kawat digunakan untuk keperluan dalam membuat beton yang digabungkan pada toolbox.

### 3.4 Pengujian Material

Bahan-bahan yang digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton diuji adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan bahan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pemeriksaan agregat halus dilakukan di Laboratorium dengan mengikuti beberapa panduan. Meliputi beberapa pemeriksaan yang dilakukan diantaranya:

##### 1. Analisa saringan (ASTM C136)

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat halus dengan menggunakan saringan ukuran  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$ , 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 dan cawan (diurutkan dari ukuran terbesar hingga terkecil). Dimasukkan kedalam mesin *sieve shaker* dalam waktu 15 menit. Lalu saringan dikeluarkan dan agregat halus yang masih tertahan ditimbang pada masing-masing saringan.

##### A. Persen lolos tertahan

$$\frac{\text{Kumulatif tertahan}}{\text{berat contoh}} \times 100$$

##### B. Persen Lolos

$$100 - \text{Persen lolos total}$$

##### 2. Berat jenis dan penyerapan (ASTM C128)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk mengetahui berat jenis (SSD) dan penyerapan dengan memasukkan agregat halus sebanyak 500 gr dan air sebanyak 90% dari volume piknometer. Selanjutnya putar piknometer untuk menggerakkannya hingga tidak ada gelembung udara, tambahkan air ke dalam piknometer hingga garis batas volume, timbang, keluarkan agregat halus dari piknometer, dan keringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Keluarkan agregat halus dari oven, keringkan dan timbang kembali. Berikut ini merupakan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus.

**Perhitungan:**

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{E}{(B+D-C)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.1}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{B}{(B+D-C)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.2}$$

$$\text{Saturated Surface Dry} = \frac{E}{(E+D-C)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.3}$$

$$\text{Presentase Penyerapan ( absorption) } = \frac{(B-E)}{A} \times 100\% \dots\dots\dots \text{pers. 3.4}$$

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

**3. Kadar lumpur (ASTM C 117)**

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan untuk mengetahui nilai kadar lumpur pada agregat halus dengan memasukkan agregat halus sebanyak 250 gr ke dalam saringan No. 16, 200 dan pan, lalu alirkan air hingga tampak jernih. Agregat halus yang tertahan pada No. 16 dan 200 dimasukkan kedalam cawan dan dikeringkan kedalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam, cawan dikeluarkan dari oven dan ditimbang.

Perhitungan Kadar lumpur dalam agregat halus :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V2}{V1+V2}$$

Dimana : V1 = Tinggi pasir (ml) + Lumpur

V2 = Tinggi lumpur (ml)

### 3.4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

#### 1. Analisa Saringan (ASTM C136)

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat halus dengan menggunakan saringan ukuran ½, 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 dan cawan (diurutkan dari ukuran terbesar hingga terkecil). Dimasukkan kedalam mesin *sieve shaker* dalam waktu 15 menit. Lalu saringan dikeluarkan dan agregat halus yang masih tertahan ditimbang pada masing-masing saringan.

Perhitungan Analisa saringan :

##### a. Persen lolos tertahan

$$\frac{\text{Kumulatif tertahan}}{\text{berat contoh}} \times 100$$

##### b. Persen lolos 100 – *Persen lolos total*

#### 2. Berat jenis dan penyerapan (ASTM C128)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk mengetahui berat jenis (SSD) dan penyerapan agregat kasar dengan cara agregat kasar sebanyak 1000 gr dimasukan kedalam keranjang , direndam dalam air dan ditimbang. Agregat kasar Agregat kasar kemudian dikeluarkan dari air dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Setelah kering, timbang agregat kasar.

**Perhitungan :**

$$\text{Relative Density (OD)} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.5}$$

$$\text{Relative Density (SSD)} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.6}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{(A-B)} \dots\dots\dots \text{pers. 3.7}$$

$$\text{Presentase Penyerapan (absorption)} = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \dots\dots\dots \text{pers. 3.8}$$

A = Berat benda uji kering di udara (gram)

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh di udara (gram)

C = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

### 3. Kadar lumpur (ASTM C 117)

Kandungan lumpur agregat kasar dianalisis dengan memasukkan 1000 g agregat kasar ke dalam saringan Nmor16, 200 untuk menentukan kandungan lumpur agregat kasar, lalu alirkan air hingga tampak jernih. Agregat halus yang tertahan pada No. 16 dan 200 ditempatkan dalam cawan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam, cawan dikeluarkan dari oven dan ditimbang.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{w_2}{w_3} \times 100 \dots\dots\dots \text{pers. 3.9}$$

Diketahui:

- Tinggi pasir + lumpur W1
- Tinggi pasir dalam tabung ukur W2
- Tinggi lumpur W3

### 4. Abrasi (ASTM C 131)

Pemeriksaan abrasi agregat kasar dilakukan untuk mengetahui nilai abrasi pada agregat kasar. Abrasi adalah kemampuan menahan gesekan yang dialami agregat kasar hingga agregat hancur. Pengujian ini dilakukan dengan ukuran saringan 19,00 mm, 12,50 mm dan 9,50 mm. Lalu benda uji yang tertahan pada saringan ukuran 12,50 mm dan 9,50 mm kemudian ditimbang. Jumlah benda uji beton dan bola baja yang sama 11 bagian ditempatkan di Mesin Abrasi Los Angeles selama 500 putaran. Keluarkan dan pisahkan bola baja dari benda uji. Kemudian benda uji disaring menggunakan saringan nomor. 12 dan dicuci. Keringkan sampel dalam oven pada suhu 110 °C dan timbang sampel setelah dikeringkan.

### 3.5 Perancangan Benda Uji (Mix Design)

Perencanaan campuran beton memerlukan pengetahuan komposisi dan proporsi komponen penyusun beton. Proporsi komponen beton ditentukan oleh desain beton (Design Mix Formula). Hal ini dimaksudkan agar proporsi campuran secara otomatis dapat memenuhi persyaratan teknis. Metode berdasarkan Surat Edaran Kementerian PUPR No: 44/SE/M/2015 digunakan untuk menentukan rasio campuran dalam penelitian ini.

Langkah-langkah yang digunakan untuk menghitung campuran perencanaan.

#### 1. Menentukan nilai $f_c'$

Nilai  $f_c'$  diperoleh dari menentukan nilai kuat tekan karakteristik, misalnya 20 Mpa. Kemudian mencari nilai tambah (Margin), dengan rumus  $K \times 7$  ( $k=1.64$ ), 11.4. Sehingga, nilai  $f_c' = 20$  ditambah 11.4 didapatkan hasil 31,4 Mpa.

#### 2. Menentukan Material

Jenis semen yang dipakai adalah semen type I. Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

#### 3. Menentukan Faktor Air Semen

Faktor air semen maks ditentukan pada Grafik 14 jumlah semen minimum dan fas maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus. Sehingga didapat, nilai FAS pada perencanaan ini sebesar 0.55 dan semen minimum sebesar 409,09 kg karena lokasi beton berada di luar ruangan bangunan tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung.

#### 4. Menentukan Slump

Ukuran Agregat Maksimum, dan Kadar Air Bebas Slump yang digunakan pada perencanaan ini antara 60-100. Ukuran agregat kasar yang digunakan berdiameter 20 mm. Kadar air bebas ditentukan pada gambar di bawah ini, dengan acuan nilai slump dan ukuran agregat didapatkan kadar air bebas sebesar 204,72 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabel 3.1** Perkiraan kadar air bebas (Kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	----	----	----	----
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

( Sumber : SNI 03-2834-2000 )

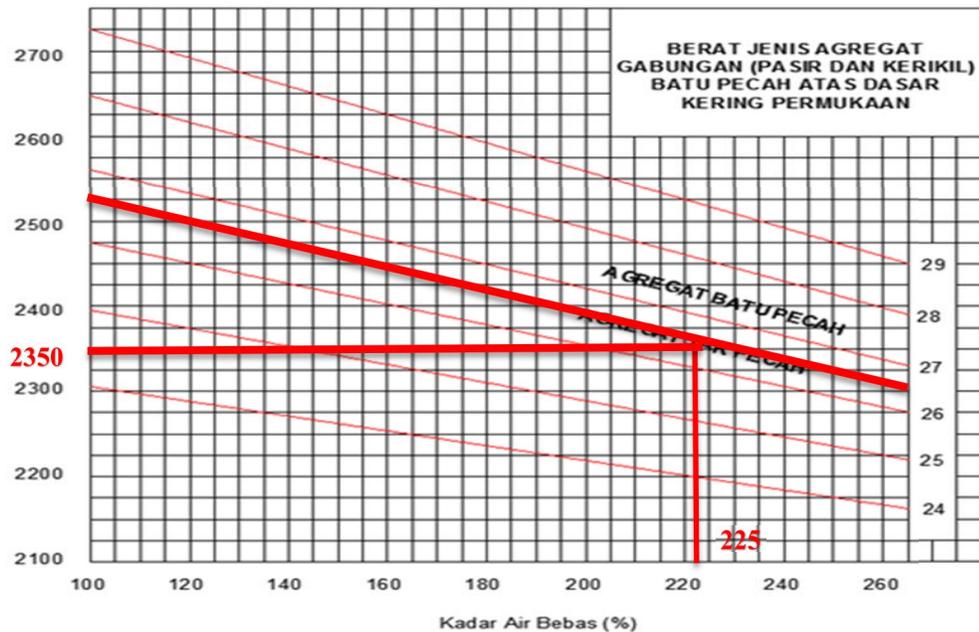
#### 5. Menentukan Jumlah Semen

Untuk mengetahui jumlah semen diperoleh dari, nilai kadar air bebas sebesar kg/m<sup>3</sup> kemudian dibagi dengan nilai FAS bebas sebesar 0.55 sehingga didapat jumlah semen sebanyak 409,09 kg

6. Menentukan Presentase Agregat & Berat Jenis Relatif Agregat Kering Permukaan  
Presentase agregat pada perencanaan ini menggunakan **grafik 14**.

#### 7. Menentukan kadar Agregat

Sebelum menentukan kadar agregat, terlebih dahulu menentukan berat jenis beton. Berat jenis beton diperoleh sebesar 2350 kg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 319** Grafik Perkiraan berat isi beton

Menentukan kadar agregat gabungan, berat jenis beton – kadar air bebas – jumlah semen. Sehingga, 2350 dikurang 225 dikurang 409,09 didapat kadar agregat gabungan sebesar 1715,91 kg /m<sup>3</sup>. Menentukan kadar agregat halus, persen agregat x kadar agregat gabungan. Didapat kadar agregat halus sebesar 737,84 kg/m<sup>3</sup>. Menentukan kadar agregat kasar, kadar agregat gabungan – kadar agregat halus. diperoleh kadar agregat kasar sebesar 978,07 kg /m<sup>3</sup>.

Berikut ini merupakan tabel hasil dari perhitungan DMF Beton menurut SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

**Tabel 3.2** Hasil Perhitungan Rancangan Benda Uji

No	Uraian	Tabel/Grafik Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan karakteristik	Ditetapkan	20 mpa
2	Deviasi Standar		7.0 mpa

3	Nilai Tambah ( margin )	$K \times 7$ (k=1,64)	11,48 mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	No(1+3)	31,48 mpa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen type 1
6	Jenis agregat kasar Jenis agregat halus	Ditetapkan	Pasir = Tanjung raja Batu pecah = Merak
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2/grafik 1	0,55
8	Faktor air maks	Tabel 5	0,60
9	slump	Ditetapkan	60-100
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 7	225
12	Jumlah semen	No (11/7)	409,09 kg /m <sup>3</sup>
13	Jumlah semen Maksimum	No (11/8) atau 12	409,09 kg /m <sup>3</sup>
14	Jumlah semen minimum	Tabel 5	325 kg /m <sup>3</sup>
15	Faktor air semen yang di sesuaikan		
16	Susuna Butir Agregat halus	Grafik 3-6	Gradasi Zona 2
17	Persen agregat	Grafik 14	43%
18	Berat jenis relatif agregat Permukaan		2,65
19	Berat jenis beton	Grafik 16	2350 kg /m <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	No( 19-11-12)	1715,91 kg /m <sup>3</sup>
21	Kadar Agregat halus	No (17x20)	737,84 kg /m <sup>3</sup>
22	Kadar Agregat Kasar	No (20-21)	978,07 kg /m <sup>3</sup>

### 3.5.1 Perhitungan Proporsi Beton Normal

Perhitungan volume cetakan silinder adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Silinder} &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 0,01 \cdot 0,2 \\
 &= 0,00157 \text{ m}^3 \times 1,2 \text{ (faktor keamanan)} \\
 &= 0,001884 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(3.10)
 \end{aligned}$$

**Tabel 3.3** Komposisi campuran beton 1m<sup>3</sup> untuk Beton fc'20 sebelum terkoreksi

Jenis Campuran	Volume	Nilai (kg)
Semen	1m <sup>3</sup>	409,09 kg /m <sup>3</sup>
Air		225 kg /m <sup>3</sup>
Agregat Halus		737,84 kg /m <sup>3</sup>
Agregat Kasar		978,07 kg /m <sup>3</sup>

Dari tabel 3.3 diatas, komposisi campuran beton 1m<sup>3</sup> untuk Beton fc'20 sebelum terkoreksi, didapatkan nilai berat dari setiap agregat yang akan digunakan untuk membuat beton. Tapi hasil komposisi campuran tersebut harus dikoreksi terlebih dahulu untuk mendapatkan komposisi DMF yang akan digunakan.

**Tabel 3.4** Komposisi campuran beton 1m<sup>3</sup> untuk Beton fc'20 sesudah terkoreksi

Jenis Campuran	Volume	Nilai (kg)
Semen	1m <sup>3</sup>	409,09 kg /m <sup>3</sup>
Air		204,43 kg /m <sup>3</sup>
Agregat Halus		757,92 kg /m <sup>3</sup>
Agregat Kasar		978,55 kg /m <sup>3</sup>

Dari tabel 3.4 diatas, komposisi campuran beton 1m<sup>3</sup> untuk Beton fc'20 sesudah dikoreksi, didapatkan dengan mengalikan kadar air setiap agregat dan penyerapan setiap agregat dengan proporsi agregat sebelum terkoreksi. Hasil yang didapat dapat dilihat pada tabel 3.4.

Berikut ini adalah Komposisi Campuran BN fc'20 Mpa untuk 1 silinder yang dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

**Tabel 3.5** Komposisi Campuran BN fc'20 Mpa untuk 1 silinder

Keterangan	Semen(kg)	Air(kg)	Agregat halus(kg)	Agregat kasar(kg)	Fly Ash(kg)
BN	0,770	0,385	1,427	1,843	0
BN+ FA 5%	0,731	0,385	1,427	1,843	0,0385

Keterangan:

BN = Beton normal Fc' 20

BN+FA = Beton Normal + *Fly Ash*

Komposisi campuran BN fc'20 Mpa untuk 12 silider pada tabel 3.6 yaitu dengan mengalikan komposisi berat dari setiap agregat yang telah dikalikan dengan volume cetakan benda uji. Yang mana pengujian beton menggunakan 4 variasi hari dan dalam 1 hari pengujian terdapat 3 sampel beton, maka 4 variasi waktu dikalikan dengan 3 sampel beton uji dan didapatkan komposisi campuran BN fc'20 Mpa untuk 12 silider.

**Tabel 3.6** Komposisi campuran BN fc'20 Mpa untuk 12 silider

Keterangan	Semen(kg)	Air(kg)	Agregat halus(kg)	Agregat kasar(kg)	Fly Ash(kg)
BN	9,240	4,620	17,124	22,116	0
BN+ FA 5%	7,5924	4,620	17,884	22,116	0,462

Keterangan:

BN = Beton normal Fc' 20

BN+FA = Beton Normal + *Fly Ash*

**Tabel 3.7** Jumlah sampel benda uji

Keterangan	Pengujian Kuat Tekan				Total Benda Uji
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	
BN (Beton Normal)	3	3	3	3	12
BN + <i>Fly Ash</i> 5%	3	3	3	3	12
BN + <i>Fly Ash</i> 5% (4 Jam)	3	3	3	3	12
BN + <i>Fly Ash</i> 5% (8 Jam)	3	3	3	3	12
BN + <i>FlyAsh</i> 5% (12 Jam)	3	3	3	3	12
Total Jumlah Sampel Benda Uji					60

### 3.6 Pengujian

Prosedur penelitian adalah prosedur yang digunakan untuk mengumpulkan data guna menjawab kajian yang diajukan dalam penelitian ini.

**Tabel 3.4** Sampel Benda Uji

#### 3.6.1 Pengujian Beton Segar/*Slump* (SNI 03-1972-2008)

Untuk melaksanakan pengujian Beton Segar harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Basahi cetakan dan pelat.
- b. Letakkan di atas pelat dengan kokoh.
- c. Isi tiga lapis beton siap pakai ke tepi bekisting. Setiap lapisan sekitar 1/3 dari isi bekisting. Setiap lapisan ditusuk dengan tongkat. Tongkat harus menusuk sekitar 25 kali secara merata dan menempel lapisan bawah dari setiap lapisan.

- d. Segera setelah tusukan selesai, ratakan permukaan sampel dengan tongkat untuk menghilangkan sisa sampel yang jatuh di sekitar cetakan. Kemudian cetakan diangkat.
- e. Balikkan bentuk dan letakkan dengan hati-hati di sebelah benda uji. Ukur *slump* yang terjadi untuk mencari perbedaan ketinggian. cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

### **3.6.2 Pengujian Berat Isi Beton Segar (SNI 03-1973-1990)**

Untuk melakukan uji berat satuan beton siap pakai, berikut ini langkah-langkah harus dilakukan:

- a. Isi takaran dengan 3 lapis benda uji.
- b. Setiap lapisan dipadatkan secara merata sebanyak 25 kali.
- c. Setelah pemadatan selesai, ketuk sisi pengukur dengan lembut sampai tidak ada gelembung udara serta rongga-rongga pada permukaan tusukan tertutup.

### **3.6.3. Perawatan Benda Uji (ASTM-C267-01)**

Perawatan benda uji (curing) dilakukan agar beton tidak mengalami keretakan karena kehilangan kelembapan secara langsung. Beton membutuhkan perawatan untuk mengisi pori-pori Pori-pori kapiler dengan air karena hidrasi terjadi di dalam kapiler.

Perawatan benda uji beton dilakukan dengan cara direndam dalam air, tutupi dengan kantong lembab, atau semprotkan dengan air selama umur perawatan. Perawatan bertujuan tidak hanya untuk mencapai kuat tekan beton yang tinggi, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas durabilitas, ketahanan air, ketahanan aus dan stabilitas dimensi struktur beton. Perendaman terjadi setelah 24 jam dicetak dan kemudian dilepas dari tempat pencetakan atau setelah beton mengering dari tempat pencetakan . Durasi perendaman beton berjalan sesuai dengan rencana hari yang digunakan untuk menguji kekuatan beton sebelumnya, yaitu 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

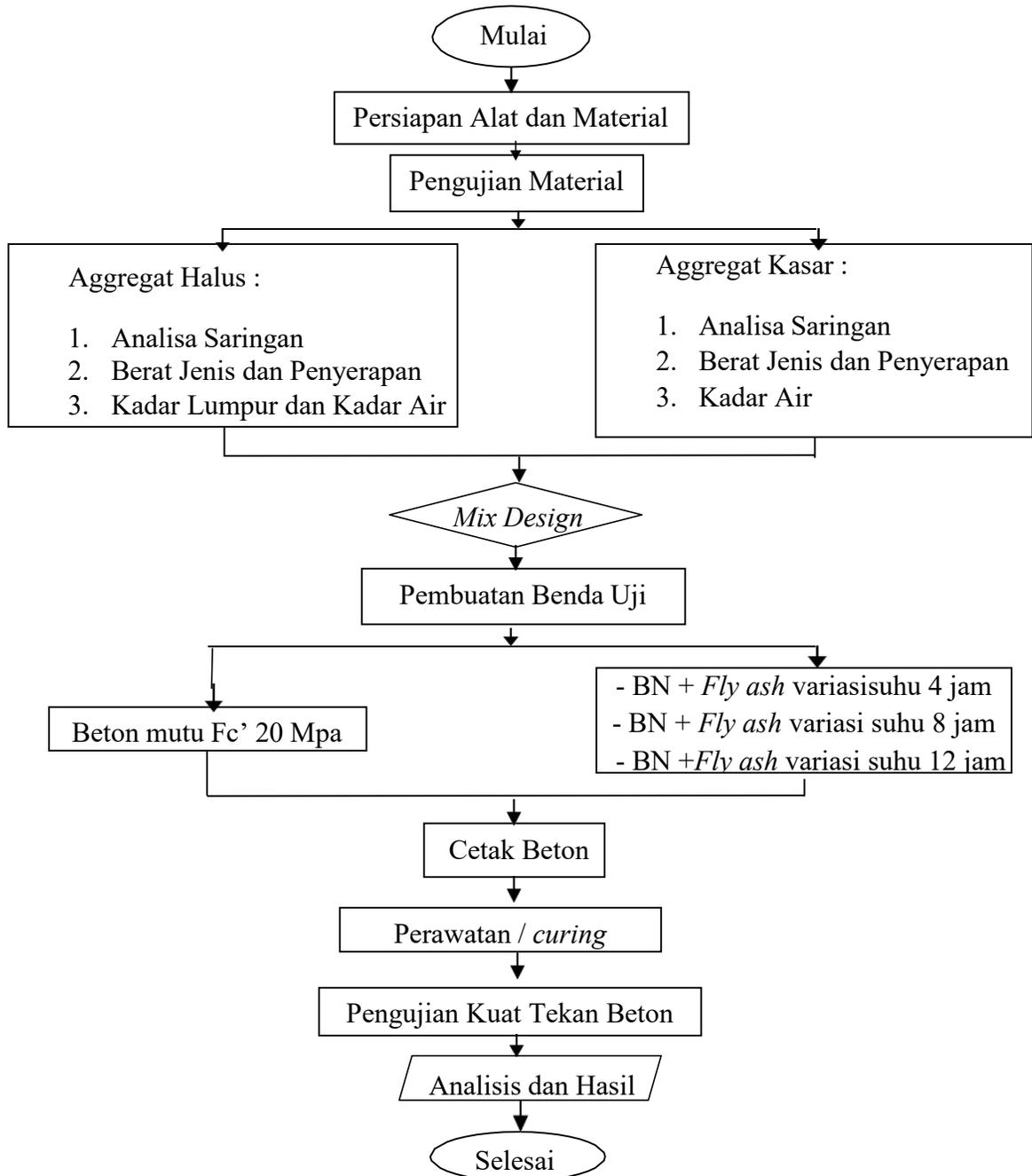
#### **3.6.4. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji (SNI 03-1974-2011)**

Beberapa tahapan pengujian kuat tekan beton sebagai berikut:

- a) Keluarkan benda uji yang akan diukur kuat tekannya dari *curing bath* 24 jam sebelum pengujian, dan bersihkan kotoran yang menempel dengan kain.
- b) Timbang dan ukur benda uji.
- c) Lapisi permukaan atas dan bawah benda uji berbentuk silinder dengan mortar belerang. Sampel kubus tidak perlu dilapisi dengan mortar belerang.
- d) Tempatkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- e) Mengoperasikan mesin tekan dengan beban konstan kurang lebih 2-4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
- e) Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang terjadi saat pengujian benda uji.

### 3.7 Bagan Alir Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan bagan alir berikut:



Gambar 3.20 Bagan Alir

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Material

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dan kasar sebagai berikut:

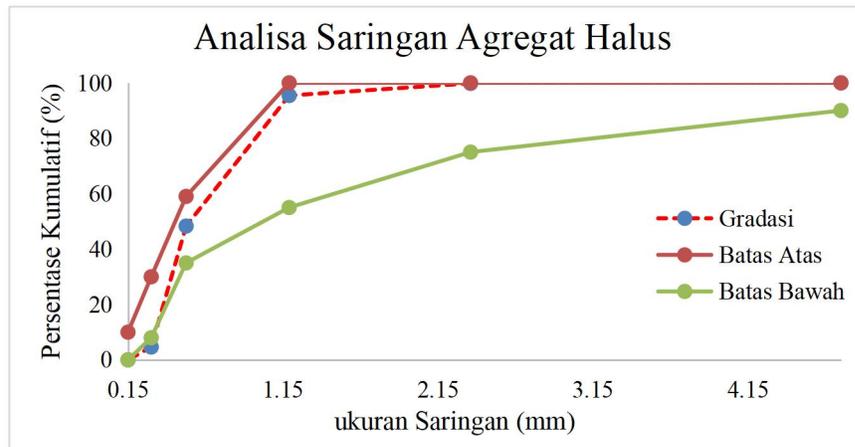
##### 4.1.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat halus

Hasil analisis saringan agregat halus yang dilakukan untuk campuran beton ditunjukkan pada tabel 4.1:

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan		Kumulatif (%)	Lolos (%)
	Berat Tertahan(gr)	Presentasi Tertahan(%)		
No 4	0	0	0	100
No 8	1.9	0,19	0.19	99.81
No 16	100.83	10.08	10.27	89.54
No 30	436.2	43.62	53.89	35.65
No 50	411.4	41.14	95.03	4.65
No 100	49.67	4.97	100	0
Pan	3.34			
<b>Total</b>	<b>1000</b>			
<b>Fine Modulus (FM)</b>	<b>2.5</b>			

Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa hasil pengujian agregat halus masuk kedalam grafik zona 2 dan diperoleh nilai FM sebesar 2.5%, berdasarkan standar ASTM C 136 kadar FM agregat halus berkisar antara 2,30 - 3,10%.



**Gambar 4.1** Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

#### 4.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar

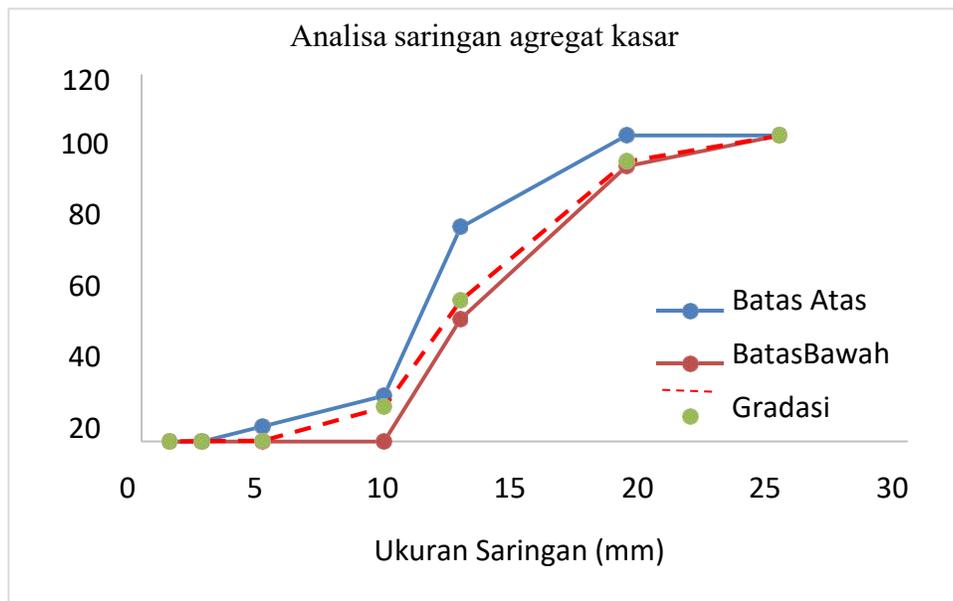
Hasil dari pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan seperti pada Tabel 4.2 Berikut ini :

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan		Kumulatif Tertahan	Lolos(%)
	Gram	%		
No 1	128.4	5.76	5.76	100
No ¾	60.01	2.69	8.46	91.54
No ½	1009.8	45.33	53.79	46.21
No 3/8	779.3	34.98	88.77	11.23
No 4	245.6	11.03	99.80	0.20
No 8	2.4	0.11	99.91	0.09
No 16	2.1	0.09	100.00	0.00
Pan	0	0		
<b>Total</b>	<b>2227.61</b>	<b>100</b>		
<b>Fine Modulus (FM)</b>	<b>4.6</b>			

Hasil pengujian gradasi agregat kasar yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat dengan diameter maksimal 20 mm. Nilai modulus kehalusan yang diperoleh adalah 4.6 sehingga sudah memenuhi persyaratan sebagai agregat kasar dengan nilai 3.00 - 8.00.

Hasil pengujian analisis saringan agregat kasar pada Tabel 4.2 disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.2 berikut ini :



**Gambar 4.2** Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa hasil pengujian agregat kasar diperoleh nilai FM sebesar 5.05 % telah memenuhi standart dimana, FM agregat kasar berkisar antara 3.00 – 8.00 %. Maka hasil pengujian agregat kasar masuk dalam kategori dapat digunakan sebagai campuran beton.

#### 4.1.3 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus yang telah dilakukan didapatkan seperti pada tabel 4.3:

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Peyerapan Agregat Halus

	Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
A	Berat Piknometer	gr	192,63	192,63	192,63
B	Berat contoh kondisi SSD (gr)	gr	500	500	500
C	Berat piknometer + air + contoh SSD(gr)	gr	1069,89	1069,81	1069,85
D	Berat piknometer + air (gr)	gr	762,52	766,38	764,45
E	Berat contoh kerig (gr)	gr	497,2	499,8	498,5
	<i>Apprent Specific Gravity</i> $\frac{E}{B + D - C}$	gr/cc	2,58	2,54	2,56
	<i>Bulk Specific Gravity (Kondisi kering)</i> $\frac{B}{B + D - C}$	gr/cc	2,59	2,54	2,56
	<i>Bulk Specific Gravity s.s.d.basic</i> $\frac{B}{B + D - C}$	gr/cc	2,59	2,54	2,56
	<i>Absorption</i> $\frac{B-E}{E} \times 100 \%$	%	0,56%	0,04%	0,30

Menurut ASTM C 128 agregat halus yang memenuhi syarat yaitu berat jenis SSD Minimum 2,4 dan penyerapan 4%. Dari Tabel 4.3 hasil pengujian agregat halus diperoleh nilai berat jenis SSD sebesar 2.56 dan nilai penyerapan sebesar 0,30 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus dalam pengujian berat jenis dan penyerapan telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

#### 4.1.4 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.4:

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Peyerapan Agregat Kasar

	Pengujian	Unit	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
A	Berat benda uji kering di oven	gr	4940.43	4935.81	4938.12
B	Berat benda uji kondisi permukaanjenuh di udara	gr	5000	5000.38	5000.19
C	Berat benda uji kering di permukaandalam air	gr	3172.1	3169.5	3170.8
	<i>Bulk Specific Gravity</i> (Kondisi kering) $\frac{A}{B - C}$	gr/cc	2,70	2,69	2,695
	<i>Bulk Specific Gravity</i> <i>s.s.d.basic</i> $\frac{B}{B - C}$	gr/cc	2,73	2,73	2,735
	<i>Apprent Specific Gravity</i> $\frac{A}{A - C}$	gr/cc	2,79	2,79	2,79

	<i>Absorption</i>				
	$\frac{B-A}{A} \times 100 \%$	%	0,12%	0,13%	0,125%

Menurut ASTM C 127 agregat kasar yang memenuhi syarat yaitu berat jenis SSD Minimum 2,4 dan penyerapan Maksimal 4%. Dari tabel 4.4 hasil pengujian agregat halus diperoleh nilai berat jenis SSD sebesar 2,73 dan nilai penyerapan sebesar 1.2%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus dalam pengujian berat jenis dan penyerapan telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

#### 4.1.5 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.5:

**Tabel 4.5** Kadar Lumpur Agregat Halus

NO.	Keterangan	Satuan	Agregat Halus
1	Tinggi pasir + lumpur (W1)	ml	200
2	Tinggi pasir dalam tabung ukur (W2)	ml	190
3	Tinggi lumpur (W3)	ml	10
	Kadar Lumpur Agregat Halus $\frac{w_2}{w_3} \times 100 \%$	%	1.9

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh nilai sebesar 1.9%. Berdasarkan standart ASTM C 117 untuk agregat halus

maksimal 5%. Maka hasil pengujian kadar lumpur agregat halus yang telah diuji memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan.

#### 4.1.6 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.6:

**Tabel 4.6** Kadar Lumpur Agregat Kasar

NO	Keterangan	Satuan	Agregat Kasar
1	Berat agregat belum di cuci (W1)	Gram	5000
2	Berat agregat kering oven (W2)	Gram	4960.7
	Kadar lumpur $\frac{w_2}{w_1} \times 100$ %	%	0.992

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar diperoleh nilai sebesar 0.992%. Berdasarkan standart ASTM C 142 untuk agregat kasar yaitu maksimal 1%. Maka hasil pengujian memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan.

#### 4.1.7 Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus

Pengujian ini dilaksanakan untuk memahami kadar air yang terdapat didalam pasir yang akan dipakai pada penelitian ini. dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

**Tabel 4.7** Kadar Air Agregat Halus

<u>Pemeriksaan Kadar Air Agregat</u>	<u>Satuan</u>	<u>Satuan</u>
A. Berat Pan (W1)	158	gram
B. Berat Pan + Benda Uji (Sebelum dioven) (W2)	2715	gram
C. Berat Pan + Benda Uji (Setelah dioven) (W3)	2640	gram
D. Benda Uji (Sebelum dioven) (W4 = W2-W1)	2557	gram
D. Benda Uji (Setelah dioven) (W5 = W3-W1)	2482	gram
Kadar Air (KA1)	3,0220	

Tabel 4.7 Menunjukkan hasil dari pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang Berdasarkan ASTM C 566 Syarat kadar air Agregat halus yaitu bernilai antara 3% - 5% dari tabel pengujian diatas nilai kadar air yaitu sebesar 3,31%, sehingga agregat halus memnuhi syarat uji kadar air agregat.

#### 4.1.8 Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar

Pengujian kadar air pada agregat kasar guna untuk mengetahui berapa persen kandungan kadar air yang terdapat pada agregat kasar. Berikut hasil pengujian kadar air pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Hasil Kadar Air Agregat kasar

Pemeriksaan Kadar Air Agregat	Satuan	Satuan
A. Berat Pan (W1)	158	gram
B. Berat Pan + Benda Uji (Sebelum dioven) (W2)	2658	gram
C. Berat Pan + Benda Uji (Setelah dioven) (W3)	2626	gram
D. Benda Uji (Sebelum dioven) (W4 = W2-W1)	2500	gram
D. Benda Uji (Setelah dioven) (W5 = W3-W1)	2468	gram
Kadar Air (KA1)	1,3009	

Hasil akhir pada pengujian kadar air agregat kasar sebesar 1.3%. Pengujian yang digunakan telah memenuhi spesifikasi ASTM C 566 yang mana disyaratkan yaitu < 2% hasil tersebut telah memenuhi standar untuk pembuatan benda uji beton. Hasil ini dapat dilihat pada Tabel 4.8.

#### 4.2 Pengujian *Slump*

Hasil pengujian *slump* pada beton normal, beton variasi *fly ash* dan juga *fly ash* yang dipanaskan memiliki hasil varasi yang brbeda dan didapatkan hasiluji *slump* seperti pada Tabel 4.9:

**Tabel 4.9** Data Pengujian *Slump*

No	Keterangan	Nilai <i>Slump</i>
1	BN	8,2
2	BN+FA 5%	11
3	BN+FA5% SUHU 4 JAM	9,5
4	BN+FA5% SUHU 8 JAM	9,5
5	BN+FA5% SUHU 12 JAM	9,5



**Gambar 4.3** pengujian *Slump Test*

Dapat disimpulkan bahwa pengujian *slump* didapatkan perbedaan hasil nilai *slump* pada masing – masing variasi benda uji yang dibuat.

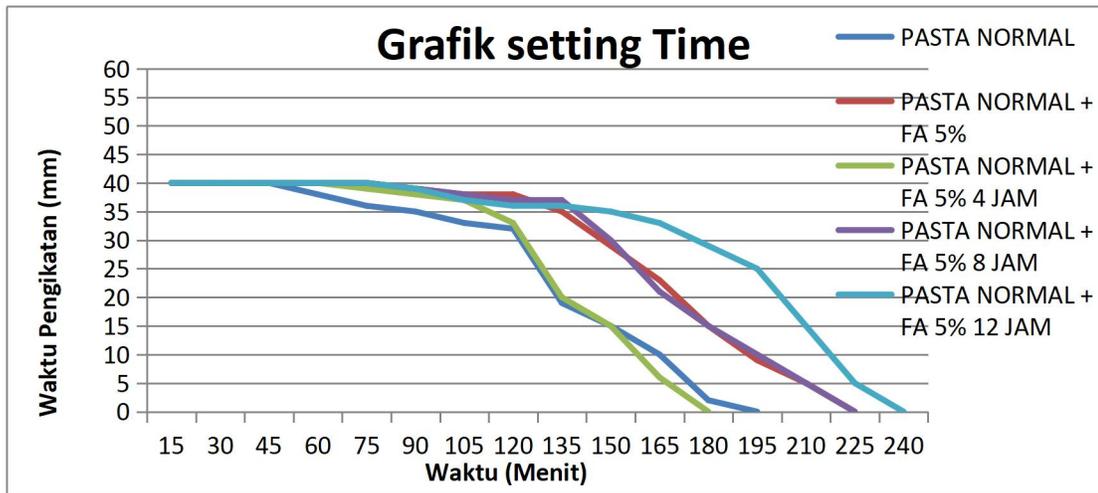
### 4.3 Pengujian *Setting Time*

Pengujian *setting time* dilakukan berdasarkan standar yang disyaratkan ASTM C191. Pengujian *setting time* dilakukan dalam rentang waktu setiap 15 menit sekali. Hasil *setting time* menunjukkan bahwa adanya pengaruh dari substitusi semen pada beton normal. Waktu ikat yang diperoleh dari beton normal dengan *initial time* 150 menit dengan *final time* 195 menit. Waktu ikat BN dengan substitusi *fly ash* 5% nilai *initial time* 180 menit dengan *final time* 255 menit. Waktu ikat BN dengan substitusi *fly ash* 5% dengan suhu pemansan 4 jam nilai *initial time* 140 menit dengan *final time* 165 menit. Waktu ikat BN dengan substitusi *fly ash* 5% dengan suhu pemansan 8 jam nilai *initial time* 173 menit dengan *final time* 210 menit. Waktu ikat BN dengan substitusi *fly ash* 5% dengan suhu pemansan 12 jam nilai *initial time* 210 menit dengan *final time* 240 menit.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan substitusi *fly ash* yang dipanaskan dapat memperlambat waktu ikat semen. Hal ini dikarenakan *fly ash* tidak mengandung bahan pozzolan seperti klinker yang merupakan bahan utama pembuatan semen dapat membuat campuran semen lebih cepat mengeras dibandingkan dengan campuran *fly ash*.



Gambar 4.4 Pengujian *setting Time*



Gambar 4.5. Grafik setting Time

Tabel 4.10 Tabel Setting Time

Setting Time																
Sampel	BN															
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195			
Pengikatan	40	40	40	38	36	35	33	32	19	15	10	2	0			
Sampel	BN+FA 5%															
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	
Pengikatan	40	40	40	40	40	39	38	38	35	29	23	15	9	5	0	
Sampel	BN+FA 5% suhu 4 jam															
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	140,3	150	165				
Pengikatan	40	40	40	40	39	38	37	33	20	15	6	0				
Sampel	BN+FA 5% suhu 8 jam															
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	173	180	195	210	
Pengikatan	40	40	40	40	40	39	38	37	37	30	21	15	10	5	0	
Sampel	BN+FA 5% suhu 12 jam															
Waktu (Menit)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240
Pengikatan	40	40	40	40	40	39	37	36	36	35	33	29	25	15	5	0

#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

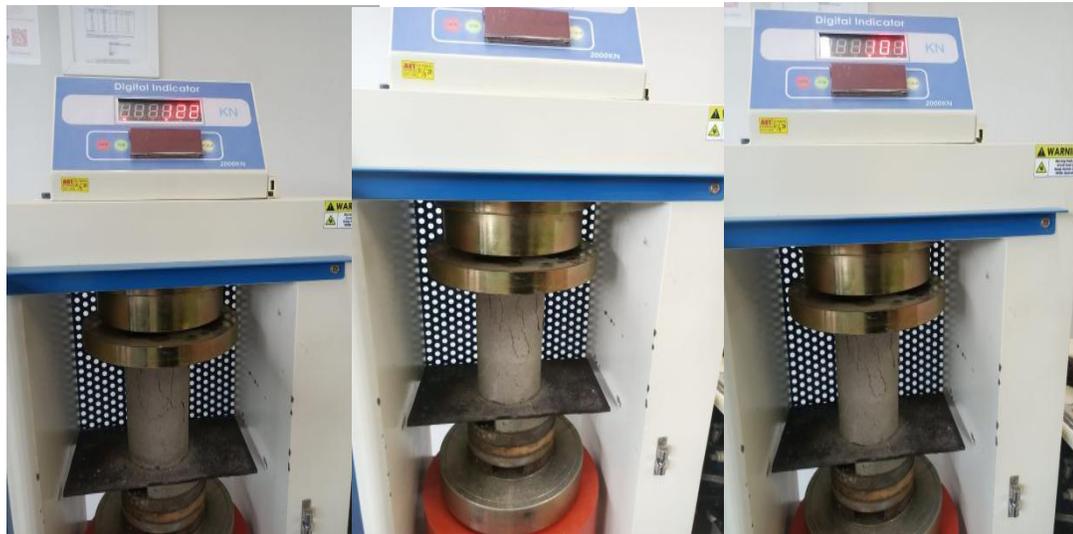
Pengujian kuat beton dilakukan dengan mesin press beton sampai beton mengalami keretakan dan indikator kuat tekan menunjukkan hasil kuat tekan (Mpa). Hasil press beton didapatkan hasil nilai kuat tekan pada masing-masing variasi pada umur 7 hari , 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan mutu beton yang direncanakan yaitu  $f_c' 20$  Mpa.



**Gambar 4.6** Penimbangan Benda Uji



**Gambar 4.7** Sampel benda Uji



**Gambar 4.8** Pengujian Kuat Tekan beton



**Gambar 4.9** Beton Yang Sudah diuji

#### **4.4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan beton**

Hasil dari pengujian kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton dengan variasi *fly ash* 5% dengan tidak dipanaskan dan beton dengan variasi *fly ash* 5% dengan variasi waktu suhu pemansan, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11 hasil Pengujian Kuat tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton sebagai berikut :

**Tabel 4.11 Hasil Pengujian kuat Tekan Beton F'c 20 Mpa**

Nama Sampel	Umur KTB Benda Uji (Mpa)			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
BN	11,12 Mpa	17,00 Mpa	18,52 Mpa	20,86 Mpa
BN+FA 5%	11,38 Mpa	13,63 Mpa	16,36 Mpa	17,96 Mpa
BN+FA5% SUHU 4 JAM	14,15 Mpa	16,75 Mpa	17,70 Mpa	18,09 Mpa
BN+FA5% SUHU 8 JAM	11,73 Mpa	12,85 Mpa	15,84 Mpa	17,31 Mpa
BN+FA5% SUHU 12 JAM	8,96 Mpa	12,72 Mpa	14,67 Mpa	16,83 Mpa

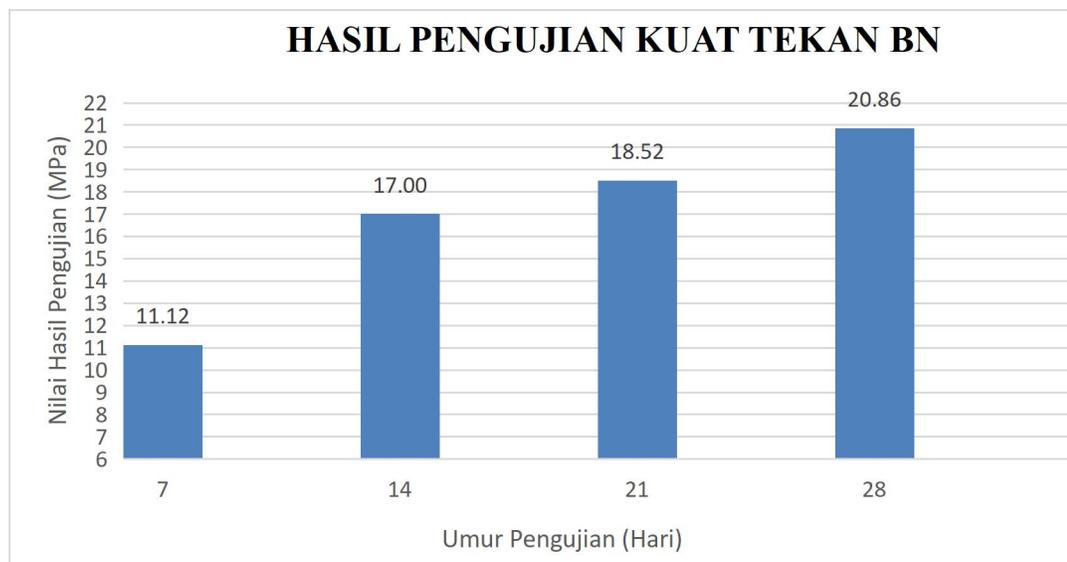
Dari tabel 4.11 dapat dilihat uji kuat tekan beton yang menggunakan variasi *fly ash* sebagai substitusi semen dan beton dengan variasi *fly ash* dengan pemanasan suhu 4 jam cenderung memiliki kuat tekan beton yang lebih baik dibandingkan kuat tekan beton dengan variasi *fly ash* yang tidak dipanaskan. *Fly ash* yang tidak dipanaskan cenderung memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari *fly ash* yang dipanaskan.

#### 4.4.2 Hasil Pengujian kuat beton Normal

Hasil dari pengujian kuat tekan beton normal dengan umur pengujian 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dapat dilihat dalam tabel dan grafik kuat tekan sebagai berikut:

**Tabel 4.12 Hasil Pengujian kuat Tekan Beton Normal**

Kode	Umur Tes (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)
BN	7	11,55	11,12
		10,77	
		11,03	
BN	14	10,77	17,00
		11,03	
		18,04	
BN	21	16,75	18,52
		16,23	
		18,17	
BN	28	18,82	20,86
		18,56	
		20,90	



**Gambar 4.10** Grafik Pengujian Kuat Beton BN

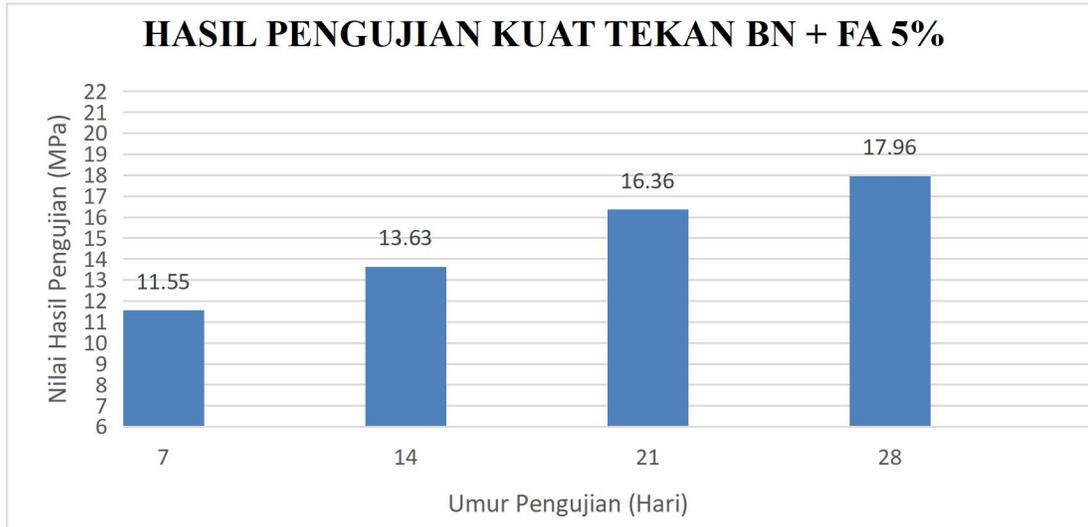
Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari 20,86 mpa yang mencapai kuat tekan target yang ditentukan yaitu 20 mpa.

#### 4.4.3 Hasil Pengujian kuat beton Normal + Fa 5%

Hasil pengujian kuat tekan beton normal + fa 5% dapat dilihat dalam tabel dan grafik sebagai berikut:

**Tabel 4.13 Hasil Pengujian kuat Tekan Bn + Fa 5%**

<b>Kode</b>	<b>Umur Tes (Hari)</b>	<b>Kuat Tekan (Mpa)</b>	<b>Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)</b>
BN + FA 5%	7	11,03	11,55
		11,29	
		11,81	
BN + FA 5%	14	13,24	13,63
		13,89	
		13,76	
BN + FA 5%	21	15,71	16,36
		17,13	
		16,23	
BN + FA 5%	28	17,65	17,96
		17,91	
		18,30	



**Gambar 4.11** Grafik Pengujian Kuat Beton BN+FA 5%

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari 17,96 mpa yang mana tidak mencapai kuat tekan target yang ditentukan yaitu 20 mpa.

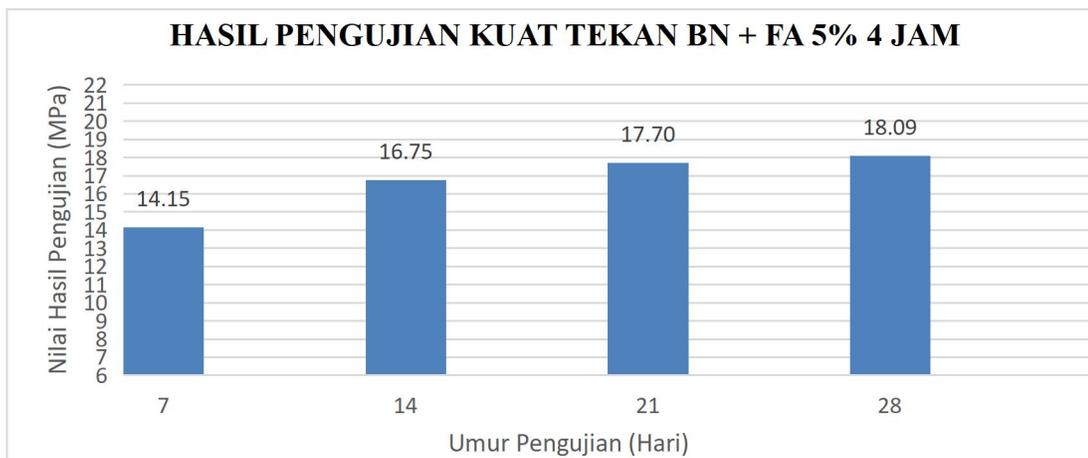
#### 4.4.4 Hasil Pengujian kuat beton Normal + Fa 5% suhu 4 jam

Hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% suhu 4 jam dapat dilihat dalam tabel dan grafik sebagai berikut.

**Tabel 4.14** Hasil Pengujian kuat Tekan Bn + Fa 5% suhu 4 jam

Kode	Umur Tes (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)
BN + FA 5% 4 JAM	7	13,24	14,15
		14,28	
		14,93	
BN + FA 5% 4 JAM	14	17,26	16,75
		16,36	
		16,62	
BN + FA 5% 4 JAM	21	17,91	17,70

		17,00	
		18,17	
BN + FA 5% 4 JAM	28	18,04	18,09
		18,43	
		17,78	



**Gambar 4.12** Grafik Pengujian Kuat Beton BN+FA 5% 4 jam

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% dengan suhu 4 jam didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari 18,09 mpa yang mana tidak mencapai kuat tekan target yang ditentukan yaitu 20 mpa.

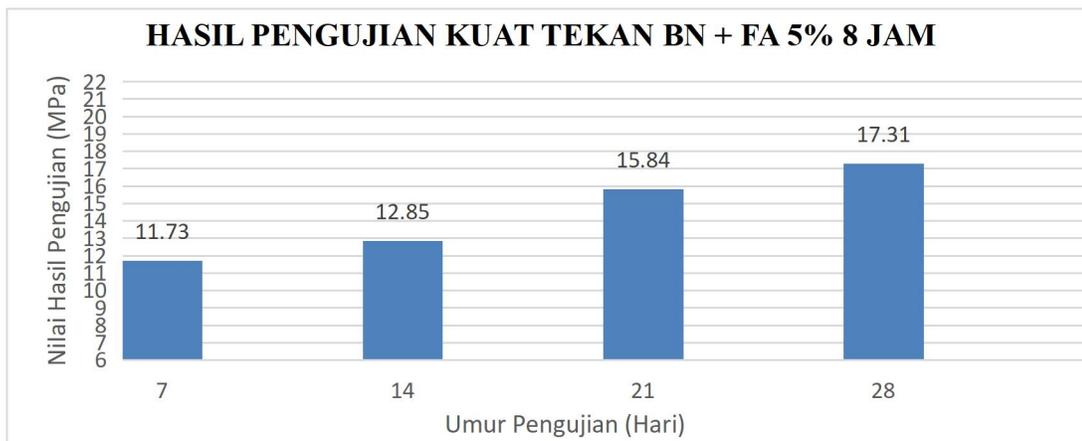
#### 4.4.5 Hasil Pengujian kuat beton Normal + Fa 5% suhu 8 jam

Hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% suhu 8 jam dapat dilihat dalam tabel dan grafik sebagai berikut :

**Tabel 4.15** Hasil Pengujian kuat Tekan Bn + Fa 5% suhu 8 jam

Kode	Umur Tes (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)
BN + FA 5% 8 JAM	7	11,68	11,73
		11,42	

		12,07	
BN + FA 5% 8 JAM	14	12,72	12,85
		13,24	
		12,59	
BN + FA 5% 8 JAM	21	15,58	15,84
		16,10	
		15,84	
BN + FA 5% 8 JAM	28	17,13	17,31
		17,52	
		17,26	



**Gambar 4.13** Grafik Pengujian Kuat Beton BN+FA 5% 8 jam

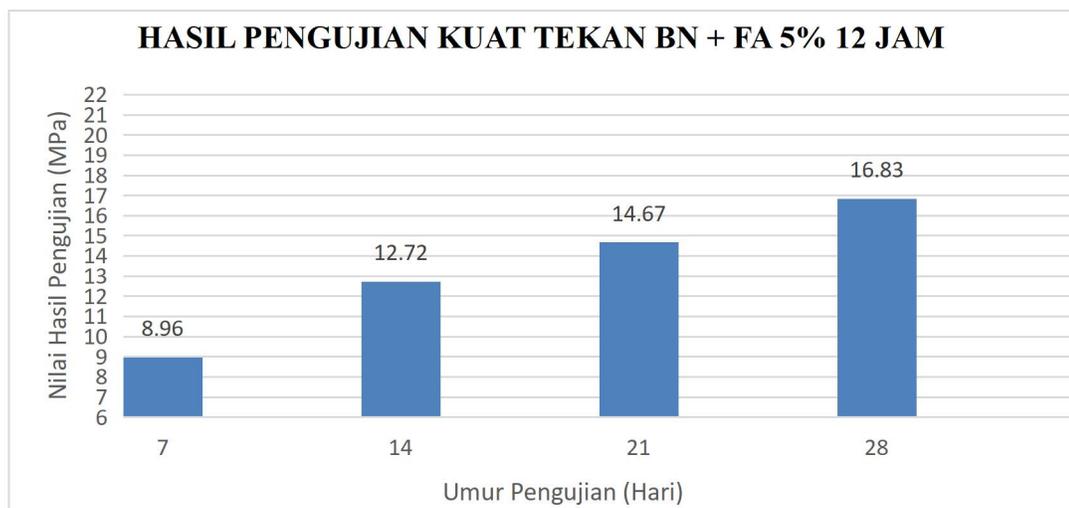
Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% dengan suhu 8 jam didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari 17,31 mpa yang mana tidak mencapai kuat tekan target yang ditentukan yaitu 20 mpa.

#### 4.4.6 Hasil Pengujian kuat beton Normal + Fa 5% suhu 12 jam

Hasil pengujian kuat tekan beton normal + fa 5% suhu 12 jam dapat dilihat dalam tabel dan grafik sebagai berikut:

**Tabel 4.16 Hasil Pengujian kuat Tekan Beton + Fa 5% suhu 12 jam**

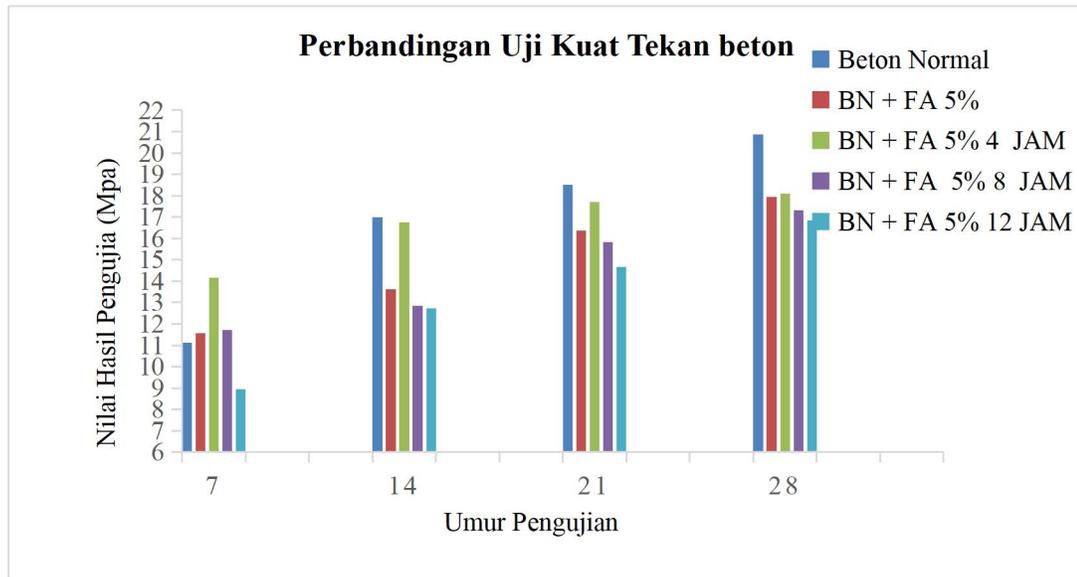
Kode	Umur Tes (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)
BN + FA 5% 12 JAM	7	8,44	8,96
		8,83	
		9,61	
BN + FA 5% 12 JAM	14	12,33	12,72
		12,72	
		13,11	
BN + FA 5% 12 JAM	21	15,19	14,67
		14,54	
		14,28	
BN + FA 5% 12 JAM	28	16,62	16,83
		17,00	
		16,88	



**Gambar 4.14** Grafik Pengujian Kuat Beton BN+FA 5% 12 jam

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal + *fly ash* 5% dengan suhu 12 jam didapatkan kuat tekan pada umur 28 hari 16,83 mpa yang mana tidak mencapai kuat tekan target yang ditentukan yaitu 20 mpa.

#### 4.4.7 Grafik Perbandingan kuat Tekan Beton



**Gambar 4.15** Grafik Perbandingan Uji Kuat Tekan beton

**Tabel 4.17** Tabel Perbandingan Uji Kuat Tekan beton

Sampel Pengujian	Umur Pengujian			
	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
Beton Normal	11,12 Mpa	17,00 Mpa	18,52 Mpa	20,86 Mpa
Bn+Fa 5%	11,55 Mpa	13,63 Mpa	16,36 Mpa	17,96 Mpa
Bn+Fa 5% 4jam	14,15 Mpa	16,75 Mpa	17,70 Mpa	18,09 Mpa
Bn+Fa 5% 8 jam	11,73 Mpa	12,85 Mpa	15,84 Mpa	17,31 Mpa
Bn+Fa 5% 12 jam	8,96 Mpa	12,72 Mpa	14,67 Mpa	16,83 Mpa

Dari hasil pengujian Kuat tekan beton yang telah diuji didapatkan hasil kuat tekan beton normal (BN) pada umur 28 hari yaitu sebesar 20,86 Mpa, (BN+FA 5% Non suhu) pada umur 28 hari yaitu sebesar 17,96 Mpa, (BN+FA 5% Suhu 4 jam) pada umur 28 hari yaitu sebesar 18,09 Mpa, (BN+FA 5% Suhu 8 jam) pada umur 28 hari yaitu sebesar 17,31 Mpa, (BN+FA 5% Suhu 8 jam) pada umur 28 hari yaitu sebesar 16,83 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal dengan variasi *fly ash* 5% dengan pemanasan suhu di waktu 4 jam memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding beton dengan variasi *fly ash* 5% tanpa pemanasan suhu dan dengan *fly ash* 5% variasi suhu 8 jam, dan 12 jam.

Dalam penelitian berikut ini diketahui bahwa *fly ash* yang dipanaskan terlalu lama akan menjadikan kuat tekan beton lemah yang mana dalam penelitian yang dilakukan (Wardani, L. D. K., 2018), *fly ash* yang dipanaskan dengan oven yang terlalu lama lebih banyak terbentuk pori sehingga apabila pemanasan *fly ash* yang dilakukan terlalu lama maka *fly ash* akan menjadi berongga akibat banyak pori yang terbentuk. Pori yang terbentuk menyebabkan partikel *fly ash* menjadi rapuh yang mana saat berikatan dengan partikel agregat lainnya menjadi tidak stabil, apabila dilakukan pengujian kuat tekan maka beton yang didapat menjadi mudah hancur akibat dari partikel *fly ash* yang telah berongga akibat pemanasan yang terlalu lama.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dari hasil pengujian *setting time fly ash* dengan pemanasan suhu yang digunakan sebagai substitusi semen hasil waktu ikat yang diperoleh oleh beton normal variasi *fly ash* 5% dengan suhu 4 jam dengan waktu pengikatan sedikit lebih cepat dan waktu pengikatan beton normal variasi *fly ash* 5% dengan suhu 12 jam memiliki waktu pengikatan terlama. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa semakin lama pemanasan *fly ash* yang dilakukan maka semakin lama waktu ikat yang dibutuhkan.

2. Dari hasil pengujian bahwa diketahui bahwa beton dengan variasi *fly ash* 5% yang dipanaskan dengan waktu 4 jam memiliki kuat tekan beton yang lebih besar dibandingkan *fly ash* yang tidak dipanaskan dengan suhu. Kuat tekan beton dengan variasi *fly ash* 5% yang tidak dipanaskan di 28 hari kuat tekan yang didapatkan 17,31 mpa dan kuat tekan Bn+fa 5% dengan suhu 4 jam di 28 hari didapatkan kuat tekan 18,09 mpa. Kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan beton dengan penambahan *fly ash* lebih kuat jika dilakukan pemanasan dibanding *fly ash* yang tidak dipanaskan suhu. Akan tetapi pemanasan yang dilakukan menyebabkan kuat tekan *fly ash* menurun yang disebabkan pori yang terbentuk sehingga menyebabkan partikel *fly ash* menjadi rapuh yang mana saat berikatan dengan partikel agregat lainnya menjadi tidak stabil, apabila dilakukan pengujian kuat tekan maka beton yang didapat menjadi mudah hancur.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini, hasil kuat tekan beton dengan variasi *fly ash* yang kuat tekan mendekati kuat tekan target yaitu *fly ash* dengan variasi 4 jam dengan pemansan suhu, untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton dengan variasi *fly ash* yang baik, peneliti merekomendasikan untuk melakukan pengujian menggunakan waktu pemanasan yang tidak terlalu lama.
2. Kandungan penyusun partikel didalam *fly ash* yang digunakan sebaiknya harus diteliti terutama kandungan silika dan alumina. Presentase kandungan silika dan alumina sebelum aktivasi dan sesudah sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

ACI. *Manual Of Concrete Practice*. 1993 parts 1 226.3R-3

*American Society for Testing and Materials (ASTM)*.1995.304.C-618

Aprio, M. R., & Firdaus, F. (2022, December). *Penagruh Pemanasan fly Ash Sebagai subtitusi Semen Pada Campuran Beton*. In *Bina Darma Conference on Engineering Science (BDCES)* (Vol. 4, No. 2, pp. 404-409).

ASTM C 117. *Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar*.

ASTM C 128. *Berat Jenis (SSD) dan Penyerapan Agregat Halus dan Agregat Kasar*.

ASTM C 131. *Pemeriksaan Abrasi Agregat Halus dan Agregat Kasar*.

ASTM C 136. *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*.

ASTM C 1611. *Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidatin Concrete*.

ASTM C.1602/C1602M-12. *Standar Spesifikasi Untuk Air Campuran Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidrolis*.

ASTM C 566. *Metode Standar Uji Kadar Air Agregat Halus dan Kasar*

ASTM C33/C33M-18. *Standard Specification for Concrete Aggregates*.

Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000: *Batasan Gradasi Agregat Kasar*.BSN. Bandung.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-6820-2002: *Standar Agregat Halus*. BSN. Bandung.

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-6821-2002: *Persyaratan Agregat Halus Secara Umum*. BSN. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-0302-2004: *Semen Portland Pozolan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-7064-2004: *Semen Portland Komposit*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 03-1972-2008: *Metode Pengujian Slump Beton..* BSN. Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1969-2008: *Standar Agregat Kasar*. BSN. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1970-2008: *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 03-1974-2011: *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. BSN. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019: *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. BSN. Jakarta
- Bangki, J. (2020). *Perbandingan Gradasi Seragam Dan Gradasi Menerus Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan, 9(1).
- Chandra, D dan Firdaus. (2021). *Analisa Pengaruh Aktivator Kalium Dan Kondisi Material Pada Beton Geopolymer Dari Limbah B3 Fly Ash Batubara*

*Terhadap Kuat Tekan. Jurnal Rekayasa. 11(1) : 116*

Fauzi, M., Puspita, N., & Al Iswana, M. (2022). *Pengaruh suhu dan Curing Air Laut Terhadap Beton ' 30 Mpa Dengan Agregat Kasar Batu Pantai . Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik, 11(1).*

Rahmawati, N., & Arifin, A. (2021). *Pengaruh Fly Ash dan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. Jutateks, 5(1), 16-24.*

Riza, I. T., Destania, H. R., & Baniva, R. (2022). *Perbandingan Karakteristik Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Variasi Ukuran Limbah Styrofoam. Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil, 7(4), 195-201.*

Setiawati, M., & Rivai, M. A. (2017, June). *Pemanfaatan Fly Ash Pada Kuat Tekan Beton K300. In FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil) (Vol. 5, No. 1, pp. 25-33).*

Yuwono, L. S. *Pengaruh Suhu pemanasan Terhadap Kuat Tekan Mortar Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang Dengan Molaritas 8M dan 10M.*

Mallisa, H. (2017). *Kinerja Agregat Alam Untuk Beton Mutu Tinggi. May 2009.*

Pujianto, A. (2011). *Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 14(2), 177–185.*

Tjokrodinuljo, K, 2012, *Teknologi Beton*, Nafiri, Jogjakarta.

## LAMPIRAN

Pembuatan beton

- Proses pencampuran material beton



- Agregat kasar



- Pasir

- semen



- Peng ovenan *fly ash*



- Sampel Benda Uji



- *Slumpt Test*



- Setting Time



- Penimbangan Benda Uji



- Pengujian Benda Uji



- Benda Yang telah di Uji





FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNIK  
FM-PM-10.3/12-01/R0

Nama : Roy Perdamaian Tampubolon  
NPM : 2019250012  
Judul : Pengaruh Variasi waktu Pemanasan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton (fc'20)  
Pembimbing : 1. Henggar Risa Destania, ST.,M,ENG  
2. Marguan Fauzi, ST.,MT

No	TANGGAL KONSULTASI	MATERI	TandaTangan Pembimbing
		Perbaiki judul	
		Perbaiki Rumusan Masalah	
		Perbaiki foto foto penelitian	
		Perbaiki grafik, tabel, diagram	
		Perbaiki typo, font, huruf	
		Perbaiki grafik per variasi hari $\gamma$ kuat tekun benda uji	
		Perbaiki judul grafik dan diagram	



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNIK  
FM-PM-10.3/12-01/R0

No	TANGGAL KONSULTASI	MATERI	Tanda Tangan Pembimbing
		Perbaiki kesimpulan dan saran	
		Perbaiki Grafik hasil	
		Perbaiki keterangan nama	
		Inisid benda uji	
		Perbaiki foto-foto penelitian	
		ACC Lidas	

Catatan : Form ini harap dibawa setiap kali bimbingan



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI  
PRODI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
FM-PM-10.3/12-01/R0

NAMA : Roy Perdamaian Tampubolon  
NPM : 2019250012  
JUDUL : Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Dengan Suhu 100 °C Terhadap Kuat Tekan Beton (FC'20)  
Dosen Pembimbing 1 : Henggar Risa Destania, S.T.,M,ENG  
Dosen Pembimbing 2 : Marguan Fauzi, ST.,MT

No	Tanggal Konsultasi	Materi	Tanda Tangan
		Perbaiki Judul	RF
		Perbaiki Pendahuluan	RF
		Perbaiki Kutipan	RF
		Perbaiki Rumusan & Tujuan	RF
		Perbaiki Tinjauan Pustaka	RF
		Perbaiki Komposisi Campuran	RF
		Perbaiki Tabel Jumlah Benda Uji	RF
		Perbaiki Flowchart	RF
		Perbaiki BAB 3	RF
		ACC Seminar	RF





**UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Jenderal Sudirman No. 629 Palembang 30113  
Telp: 0711-322705,322706 Fax: 0711-357754

FAKULTAS TEKNIK

Website : [www.uigmm.ac.id](http://www.uigmm.ac.id)

E-mail : [ft@uigmm.ac.id](mailto:ft@uigmm.ac.id)

**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI  
Nomor : 019a/KEP/T/2023**

Tentang

**Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi  
Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri  
Tahun Akademik Genap 2022/2023**

**DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI**

- Memperhatikan : 1. Kurikulum Program Studi Teknik Sipil jenjang Strata 1 Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri yang mewajibkan kepada mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya untuk membuat/menyusun Tugas Akhir/Skripsi.  
2. Usulan Judul Tugas Akhir/Skripsi yang diajukan oleh mahasiswa yang bersangkutan tanggal 2 Maret 2023.
- Menimbang : a. Guna memperlancar aktivitas mahasiswa dalam melaksanakan penyusunan Tugas Akhir/Skripsi, maka dipandang perlu untuk menetapkan Dosen Pembimbing yang akan membimbing mahasiswa dalam penyusunan Tugas Akhir tersebut.  
b. Bahwa Saudara-saudara yang namanya tersebut dalam lampiran Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk membimbing mahasiswa yang mengikuti Tugas Akhir/Skripsi.  
c. Judul Tugas Akhir/Skripsi yang diusulkan dinilai telah memenuhi syarat.  
d. Sehubungan dengan butir a, b dan c tersebut diatas, maka penetapan tersebut perlu disahkan dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri sebagai dasar hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;  
3. Undang-Undang Nomor 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;  
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 tahun 2009 tentang dosen;  
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;  
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;  
7. Surat Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor. 83/D/O/2008 tentang Izin Pendirian Universitas Indo Global Mandiri;  
8. Surat Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) Kemdiknas Nomor: 194/SK/BAN-PT/Akred/S/I/2018 tanggal 9 Januari 2018;  
9. Surat Keputusan Direktur Dewan Eksekutif Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) Nomor: 825/SK/BAN-PT/Akred/PT/X/2020 tanggal 7 Oktober 2020;  
10. Peraturan Yayasan Indo Global Mandiri No. 1 Tahun 2016 tentang Statuta Universitas Indo Global Mandiri;  
11. Surat Keputusan Yayasan Indo Global Mandiri No. 43/YYS-IGM/SK/I/2020 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Periode 2020-2024;  
12. Kurikulum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri.

## MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
- KESATU : Menunjuk Dosen-Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indo Global Mandiri yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini.
- KEDUA : Tugas Akhir/Skripsi Mahasiswa tersebut ditetapkan telah dilakukan uji kelayakan judul.
- KETIGA : Semua biaya yang timbul akibat diterbitkannya Surat Keputusan ini dibebankan sepenuhnya kepada biaya ujian Tugas Akhir/Skripsi mahasiswa yang bersangkutan.
- KEEMPAT : Surat Keputusan ini dinyatakan berlaku sejak tanggal ditetapkan dan akan berakhir bilamana mahasiswa yang bersangkutan telah selesai dan dinyatakan lulus dalam ujian Tugas Akhir/Skripsi.

Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan sebagaimana mestinya, dengan ketentuan bahwa apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapannya, maka Surat Keputusan ini akan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Palembang  
Pada tanggal : 03 Maret 2023  
Dekan,

FAKULTAS TEKNIK  
**UIGM** *Anta Sastika*

Ar. Anta Sastika, ST., MT., IAI  
NIDN. 0214047401

**Tembusan:**

1. Wakil Rektor I Universitas Indo Global Mandiri
2. Ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Dosen Pembimbing

## Lampiran SK. Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi

No : 019a/KEP/T/2023

Tanggal : 03 Maret 2023

No.	Nama	NPM	Judul	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
1.	Andri Saputra	2019250051	Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Kol. H. Burlian Terhadap Pengaruh Hambatan Samping di Sekitar Pasar Km. 5 dengan Aplikasi PTV Vissim	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
2.	Nur Achmad Arif Nugraha	2019250016	Pengaruh Variasi Fly Ash Sebagai Substitusi Semen dengan Penambahan Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton	Ir. Denie Chandra, S.T., M.T., IPM	Ratih Baniva, S.T., M.T
3.	Reddy Alnusa	2019250001	Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban Sebagai Stabilitas Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas AC-WC	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
4.	Ahmad Al Fiqih Ameizu	2019250019	Pengaruh Filler Abu Batu Kapur dan Abu Batu Terbang Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-BC	Febryandi, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
5.	Roy Perdamaian Tampubolon	2019250012	Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan Fly Ash Sebagai Substitusi Semen dengan Suhu 100°C Terhadap Kuat Tekan Beton (Fc'20)	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Marguan Fauzi, S.T., M.T
6.	Tiara Ranti Lestari	2018250031	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Ghina Amalia, S.T., M.T
7.	Okta Romanda	2019250028	Analisis Pengaruh Penggunaan Pasir Muara Enim Terhadap Beton Menggunakan Nano Silika	Febryandi, S.T., M.T	Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng
8.	Agung Laksono	2019250068	Analisis Pengaruh Penambahan Nano Silika Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Tanjung Sakti	Ir. Denie Chandra, S.T., M.T., IPM	Ratih Baniva, S.T., M.T
9.	A. Rasyid Ridho	2019250013	Analisis Kuat Tarik Beton Yang Menggunakan Nano Silica Dengan Variasi Penambahan Serat Polypropylene	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
10.	Brain Brilliant	2019250044	Pengaruh Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Ghina Amalia, S.T., M.T

			Lunak Dengan Penambahan Serbuk Batu Bara dan Pasir Pantai Sebagai Bahan Campuran		
11.	Muhammad Farhan	2019250007	Analisis Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran <i>Stone Matrik Aspal</i> (SMA) Menggunakan Aspal Beton PG 70 Dengan Aspal Pen 60/70	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
12.	Chichilia Astria Hutabarat	2019250084	Analisis Karakteristik Kuat Tekan Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan Menggunakan Asbuton	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
13.	Benny Saputra	2019250073	Perbandingan Kuat Geser Tanah Lempung Lunak yang Distabilisasi Menggunakan Limbah Karbit dan Fly Ash	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Dr. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng
14.	Ahmad Suryadi	2021250078P	Analisis Saluran Drainase Perumahan Padat Karya Mas 2 Kelurahan Talang Jambe Menggunakan Aplikasi EPA SWMM 5.0	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Ratih Baniva, S.T., M.T
15.	Rirantri	2019250010	Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Penukal Utara Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Ratih Baniva, S.T., M.T
16.	Muhammad Kurnia Ramadani	2019250043	Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Jenderal Sudirman Menuju Simpang Polda Palembang	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
17.	Suwarli	2021250076P	Analisis Kualitas Campuran Aspal Panas dengan Menggunakan Aspal Beton PG 70 dan Aspal Pen 60/70	Sartika Nisumanti, S.T., M.T	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
18.	Leni Marlina	2019250074	Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Jati dan Sika Visco Crete Terhadap Kuat Tekan Beton	Febryandi, S.T., M.T	Debby Sinta Devi, S.T., M.T
19.	Pitriyani	2019250082	Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Kerang Dara Terhadap Kuat Tekan Beton Menggunakan Visco Concrete	Febryandi, S.T., M.T	Debby Sinta Devi, S.T., M.T
20.	Belliana Syahfitri	2019250042	Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Granit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Muti Fc 25 Mpa	Febryandi, S.T., M.T	Debby Sinta Devi, S.T., M.T

21.	Muhammad Rafi Putra Pratama	2019250056	Analisis Kecelakaan Lalu Lintas dan Faktor Penyebab di Jalan Soekarno Hatta Kota Palembang	Sartika Nisumanti, S.T., MT	Khodijah Al Qubro, S.T., M.T
22.	M. Robertto AF	2019250023	Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Campuran Beton Perkerasan Kaku	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Ghina Amalia, S.T., M.T
23.	Fatjrianda	2019250002	Pengaruh Penambahn Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Geser Tanah Dengan Uji Geser Langsung	Henggar Risa Destania, S.T., M.Eng	Dr. Eng. Utari Sriwijaya Minaka, S.T., M.Eng

Ditetapkan di : Palembang

Pada tanggal : 03 Maret 2023

**Dekan,**

FAKULTAS TEKNIK  
**UIGM** *Antastika*

**Ar. Anta Sastika, ST., MT., IAI**

**NIDN.0214047401**