

**KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* AMP DAN
FLY ASH BATU BARA TERHADAP KUAT TEKAN DAN
KUAT LENTUR PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*)**

Tesis

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam Mencapai
Derajat Magister Teknik



OLEH :

ASKARMAN
NPM : 163121018

Diajukan kepada :

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

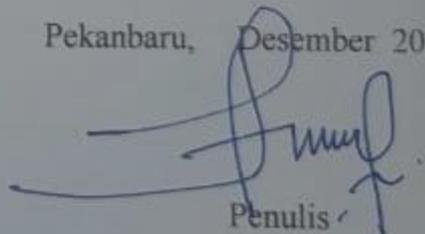
KATA PENGANTAR

Bersyukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga Tesis ini dapat terselesaikan. Adapun Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai Megister Teknik pada Program Magister Studi Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Islam Riau Pekanbaru.

Pada penyelesaian Tesis ini, penulis memilih bidang struktur bidang jalan karena merupakan salah satu bagian disiplin ilmu teknik sipil. Maksud diambilnya bidang ini berdasarkan kenyataan di lapangan bahwa struktur khususnya beton sangat banyak digunakan. Tesis ini berjudul : "Kajian pengaruh penggunaan *Fly Ash* AMP dan *Fly Ash* Batu bara terhadap kuat tekan dan kuat lentur perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)". Bahwa bahan Abu terbang (*fly ash*) adalah material hasil sampingan (*by product*) industri yang dihasilkan dari pembakaran *Asphalt mixing plant* dan hasil pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya, yaitu limbah padat abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) dari pembangkit listrik dan zat-zat tambahan lainnya. Bahan ini sangat potensial untuk *filler/additive* sebagai bahan substitusi dan bahan pengisi pada pembuatan beton dan sejauh mana pengaruh *fly ash* AMP dan *fly ash* Batu Bara terhadap kuat tekan lentur dan kuat tekan pada Perkerasan kaku dengan mutu f_s 45 kg/cm²

Penulis sangat mengharapkan masukan dan saran dalam penyempurnaan penulisan penelitian tesis ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan refrensi, informasi maupun wawasan bagi pembaca.

Pekanbaru, Desember 2020



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBARAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	6
2.2 Penelitian Terdahulu.....	6
2.3 Perbedaan Terhadap Penelitian Terdahulu.....	12
III. LANDASAN TEORI	
3.1 Perkerasan Jalan Raya	13
3.2 Beton.....	14
3.3 Rancangan Campuran Beton	15
3.4 Bahan Tambah.....	27
3.5 Sifat – Sifat Beton Segar.....	29
3.6 Sifat Kemudahan dikerjakan (<i>Workbality</i>).....	30

3.7 Berat Volume.....	31
3.8 Waktu ikat.....	32
3.9 Sifat Mekanik Beton.....	32
3.10 Rancangan campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	32
3.11 Kuat Tekan Beton.....	33
3.12 Kuat Lentur Beton.....	35
3.13 Rumus – Rumus Perhitungan	36
3.14 Hubungan antara Kuat tekan dan Kuat Lentur Beton.....	38
IV. METODE PENELITIAN	
4.1 Umum	39
4.2 Lokasi Penelitian	39
4.3 Bahan	40
4.4 Alat.....	40
4.5 Tahapan – tahapan pelaksanaan penelitian.....	41
4.6 Populasi dan Sampel	46
4.7 Prosedur Pengujian	46
4.8 Cara Analitis	48
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Hasil Pemeriksaan Material.....	49
5.2 Rancangan campuran Beton (<i>Job Mix Design</i>) f_s 4,5 MPa.....	50
5.3 Hasil Pengujian Beton	51
5.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	57
5.5 Material lepas dan patah pada <i>interface zone</i> pada uji kuat tekan dan uji kuat lentur.....	63
5.6 Perbedaan signifikan penambahan <i>Fly ash</i> AMP dan <i>Fly ash</i> Batu bara terhadap kuat tekan dan lentur dar sumber yang berbeda.....	75
5.7 Perbandingan antara hasil peneliti dengan peneliti sebelumnya	76

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 78
6.2 Saran 80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Gradasi saringan agregat halus (Sumber : SNI T 03-2834-2000)	17
Tabel 3.2	Sifat - sifat Agregat halus	18
Tabel 3.3	Persyaratan Aggregate kasar (kerikil atau koral) (SNI 03-2834-2000)	19
Tabel 3.4	Sifat – sifat Agregat Kasar	23
Tabel 3.5.	Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur (SNI 1972).....	31
Tabel 3.6.	Nilai perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur beton (SNI T-15-1991).....	34
Tabel 5.1.	Hasil Pemeriksaan Agregate Kasar/Batu pecah	49
Tabel 5.2.	Hasil Pemeriksaan Agregat halus (pasir)	50
Tabel 5.3.	Hasil rancangan campuran (Mix Design) Beton <i>f_s</i> 45 Mpa	51
Tabel 5.4	Nilai Kuat Uji Lentur Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari.	52
Tabel 5.5	Nilai Kuat Uji Tekan Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari..	53
Tabel 5.6.	Nilai Kuat Uji Lentur Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari	55
Tabel 5.7.	Nilai Kuat Uji Tekan Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari.	56
Tabel 5.8	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 7 hari	58
Tabel 5.9	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 14 hari	59
Tabel 5.10	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton <i>Fly ash</i> AMP pada umur 28 hari.....	60
Tabel 5.11	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton <i>Fly ash</i> Batu bara pada umur 28 hari.....	60
Tabel 5.12	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 28 hari (Sumber : Zulhendri, 2018)	61
Tabel 5.13	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 56 hari	62
Tabel 5.13	Perbandingan hasil Kuat lentur <i>Fly Ash</i> AMP peneliti dengan peneliti sebelumnya.....	76
Tabel 5.14	Perbandingan hasil Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> Batu bara peneliti dengan peneliti sebelumnya	7

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bentuk – bentuk kerusakan benda uji	35
Gambar 3.2.	Cara pengujian kuat lentur beton (Sumber SNI 4431:1997)	36
Gambar 3.3.	Cara pengujian kuat lentur (SNI 4431:1997).....	36
Gambar 3.4.	Patah pada 1/3 bentang Rumus 3.6 (Sumber SNI 4431:1997) ..	37
Gambar 3.5	Patah pada 1/3 bentang tengah dan garis patah < 5% dari bentang Rumus 3 (Sumber SNI 4431:1997).....	37
Gambar 3.6	Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada > 5% dari bentang (Sumber SNI 4431:1997)	38
Gambar 4.1	Lokasi laboratorium pengujian	39
Gambar 4.2.	Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 4.3	Alat Pengujian Kuat Lentur Beton.....	44
Gambar 4.4	Alat Pengujian Kuat Tekan Beton	45
Gambar 5.1	Grafik Uji kuat lentur Beton menurut umur	53
Gambar 5.2	Grafik Uji kuat tekan Beton menurut umur	54
Gambar 5.3	Grafik Uji Kuat lentur Beton menurut umur	55
Gambar 5.4	Grafik Uji Kuat tekan Beton menurut umur	57
Gambar 5.5	Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton normal	64
Gambar 5.6	Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur <i>fly ash</i> bata bara	65
Gambar 5.7	Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur <i>fly ash</i> AMP	66
Gambar 5.8	Grafik Material Patah pada uji kuat Tekan menurut umur beton.....	67
Gambar 5.9	Grafik Material Lepas pada uji kuat Tekan menurut umur beton.....	68

Gambar 5.10 Grafik Material Patah pada uji kuat lentur menurut umur beton	69
Gambar 5.11 Grafik material Lepas pada uji kuat lentur menurut umur beton	70
Gambar 5.12 Grafik Material Patah pada uji kuat tekan menurut umur beton	71
Gambar 5.13 Grafik material lepas pada uji kuat tekan menurut umur beton	72
Gambar 5.14 Grafik material patah pada uji kuat lentur menurut umur beton	73
Gambar 5.15 Grafik material lepas pada uji kuat lentur menurut umur beton	74

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A Perencanaan Campuran Beton
- LAMPIRAN B Pengujian Kuat Lentur
- LAMPIRAN C Pengujian Kuat Tekan
- LAMPIRAN D Material Patah dan Lepas
- LAMPIRAN E Dokumentasi Kalibrasi Alat Uji



ABSTRAK

“Kajian pengaruh penggunaan *Fly Ash* AMP dan *Fly Ash* Batu Bara terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)”

Oleh : Askarman

Penggunaan beton salah satu untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*), Penelitian terhadap beton banyak dilakukan oleh para ahli konstruksi termasuk penggunaan bahan tambah pengikat untuk beton selain semen. yang terdiri dari plat beton semen portland dan lapis pondasi diatas tanah dasar, karena itu faktor yang paling diperhatikan dalam perkerasan kaku adalah kekuatan beton itu sendiri. Dalam penelitian ini digunakan salah satu bahan tambah mineral berupa abu terbang (*fly ash*) yaitu abu terbang AMP dan abu terbang Batu bara. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan yaitu suatu metode yg dilakukan dengan mengadakan percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data sejauh mana kualitas dua jenis *Fly Ash* yaitu *fly ash* AMP dan *Fly Ash* Batu Bara terhadap kuat Lentur dan Kuat tekan beton. Untuk pembuatan benda uji dengan Silinder dan balok menggunakan $f_c' 45$ MPa . Adapun variasi kadar *fly ash* AMP dan *Fly Ash* batu bara adala 1%, 2%, 3% dan 4 %. Dari hasil penelitian ini pada uji kuat lentur *Fly Ash* AMP. Pada pengujian Kuat tekan *Fly Ash* AMP terjadi penurunan pada setiap umur benda uji 7, 14, 28, dan 56 semakin bertambah *Fly Ash*nya nilai kuat tekan dan kuat lentur semakin turun dibandingkan dengan beton normal. Selanjutnya pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur *Fly Ash* Batu bara pada umur beton 7 dan 14 hari kuat tekannya cenderung turun pada setiap penambahan *Fly Ash* nya dan pada umur 28 dan 56 hari cenderung naik pada setiap variasi penambahan *fly ash* namun masih dibawah kuat tekan beton normal untuk uji kuat lenturnya pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari cenderung terjadi kenaikan pada setiap penambahan *Fly Ash* nya namun masih dibawah beton normal. Untuk *Fly Ash* AMP konstanta paling tinggi pada umur 7 hari pada *fly ash* 3% dan yg paling rendah dibawah 0,75 umur 14 hari *fly ash* 4 %, umur 28 hari *fly ash* 3% dan 4 %, umur 56 hari pada *fly ash* 2 %, 3 % dan 4 %. Konstanta *Fly Ash* Batu Bara yang tertinggi pada penambahan *fly ash* 4 % umur 7 hari dan rata – rata konstanta *Fly Ash* Batu bara diatas 0,75. Material lepas cenderung terjadi pada umur beton rendah, kemudian makin bertambah umur beton material patah semakin banyak. Dari semua benda uji mulai dari beton normal dan penambahan *Fly Ash* ikatan pasta semen pada beton normal aggregate paling baik dibanding dengan penambahan *fly Ash* AMP dan *Fly Ash* Batu bara. Bentuk keruntuhan (Bentuk keruntuhan) pada umur 28 dan 56 hari Material lepas lebih banyak *Fly Ash* AMP disbanding *Fly Ash* Batu bara.

Kata kunci: Perkerasan kaku, (*rigid pavement*), *fly ash* AMP , *Fly Ash* Batu bara, kuat tekan, kuat lentur, konstanta ,*interface*.

ABSTRACT

"Study of the effect of using Fly Ash AMP and Fly Ash Coal on compressive strength and flexural strength of rigid pavement (Rigid Pavament)"

by Askarman

The use of concrete is one for rigid pavement. Research on concrete is mostly carried out by construction experts including the use of added binder for concrete other than cement. Which consists of portland cement concrete plate and foundation layer on subgrade, because it is the most important factor. of concern in rigid pavement is the strength of the concrete itself. In this research, one of the mineral added materials is used in the form of fly ash, namely AMP fly ash and coal fly ash. This study uses an experimental method with a method that is carried out by conducting experiments directly to obtain a data on the extent to which the quality of two types of fly ash, namely fly ash AMP and fly ash Bara to flexural strength and compressive strength of concrete. For the manufacture of specimens with cylinders and beams using f_c '45 MPa. The variations in levels of AMP fly ash and coal fly ash are 1%, 2%, 3% and 4%. From the results of this study on the flexural strength test of Fly Ash AMP. In the AMP fly ash compressive strength test, there was a decrease at each age of the test objects 7, 14, 28, and 56, the more fly ash the compressive strength and flexural strength decreased compared to normal concrete. Furthermore, in testing the compressive strength and flexural strength of Fly Ash Coal at the age of 7 and 14 days of concrete, the compressive strength tends to decrease with each addition of Fly Ash and at the age of 28 and 56 days tends to increase with every variation of the addition of fly ash but is still below the compressive strength of the concrete normal for the flexural strength test at the age of 7, 14, 28 and 56 days there tends to be an increase in each addition of Fly Ash but still below normal concrete. For Fly Ash AMP the highest constant is at the age of 7 days at 3% fly ash and the lowest under 0.75 age 14 days fly ash 4%, age 28 days fly ash 3% and 4%, age 56 days on fly ash 2%, 3% and 4%. The highest constant for Coal Fly Ash is the addition of 4% fly ash at 7 days and the average of Coal Fly Ash constant is above 0.75. Loose material tends to occur at low concrete age, then the older the concrete, the more fracture material is. Of all the specimens starting from normal concrete and the addition of Fly Ash cement paste bonding to normal aggregate concrete is the best compared to the addition of AMP fly Ash and Coal Fly Ash. Form of collapse (form of collapse) at the age of 28 and 56 days More loose material Fly Ash AMP compared to Fly Ash Coal.

Keywords : Rigid pavement, AMP fly ash and coal, compressive strength, flexural strength, constant, interface

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan sangat mempunyai pengaruh yang besar terhadap terjaminnya stabilitas politik, ekonomi dan budaya agar terciptanya masyarakat yang adil dan makmur. Pembangunan konstruksi jalan pada saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Agar lancar perekonomian suatu daerah maka perlunya kelancaran hubungan lalu lintas seperti jalan dan jembatan . Oleh karena itu sering dijumpai banyak proyek pembangunan jalan dengan bermacam konstruksi bermacam jenis konstruksi. Adapun jenis konstruksi didalam pembangunan perkerasan jalan antara lain yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Perkerasan kaku pada jalan saat ini merupakan salah satu pilihan perkerasan karena konstruksi yang menggunakan beton dalam penggunaanya lebih kuat, awet, dan bebas perawatan dan tahan lama. Fungsi beton pada perkerasan kaku merupakan elemen yang sangat penting dalam pembangunan konstruksi *rigid pavement*. Penelitian terhadap beton banyak dilakukan oleh para ahli konstruksi termasuk penggunaan bahan tambah pengikat untuk beton selain semen.

Abu terbang (*Fly ash*) adalah material hasil sampingan (*by product*) industri yang dihasilkan dari pembakaran AMP (*Asphalt mixing plant*) dan hasil pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya yaitu limbah padat abu terbang (*Fly ash*) dan abu

dasar (*bottom ash*) dari pembangkit listrik dan zat-zat tambahan lainnya. Bahan ini sangat potensial untuk *filler/additive* sebagai bahan substitusi dan bahan pengisi pada pembuatan beton. Karakterisasi *Fly ash* menunjukkan adanya kandungan oksida yang terkandung identik dengan yang ditemukan pada semen portland. Saat sekarang ini, pemanfaatan *fly ash* batu bara sering digunakan sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton, karena mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan seperti alumina dan silika sehingga sesuai digunakan sebagai bahan baku konstruksi (Hidayat, 2009). Lebih lanjut, bentuk partikel *fly ash* yang lebih halus memberikan keuntungan, dimana penggunaannya dapat memperkecil porositas beton dan meningkatkan kestabilan beton pada suhu tinggi. Hal ini memberikan keuntungan dalam hal peningkatan kekuatan beton. Selain itu, *Fly ash* juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan durabilitas beton, salah satunya adalah ketahanan terhadap sulfat. Dalam hal ini *Fly ash* sebagai bahan limbah apakah bisa digunakan sebagai bahan tambah untuk pengikat beton dengan sumber dan lokasi yang berbeda.

Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu Bara terhadap kuat tekan dan kuat leutur pada Perkerasan kaku dengan mutu f_s 45 kg/cm².

1.2 Rumusan Masalah

Pada pokok pembahasan dalam penelitian ini adalah membandingkan kuat tekan dan lentur beton menggunakan bahan tambah *Fly ash* batu bara dan *Fly ash* AMP dengan beton normal atau tanpa *Fly ash* . Untuk memberi ruang lingkup

yang jelas tentang masalah yang akan dibahas dalam penelitian, maka perlu perumusan masalah sebagai berikut :

Dalam penelitian ini ada beberapa masalah yang akan dibahas, maka perlu perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara, terhadap kuat lentur.
2. Bagaimana pengaruh penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu Bara, terhadap kuat tekan.
3. Mendapatkan hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur beton pada umur 7, 14,28 dan 56 hari.
4. Bagaimana pengaruh material lepas dan patah pada interface zone pada uji kuat tekan dan uji kuat lentur.
5. Bagaimana bentuk keruntuhan material lepas dan patah pada uji kuat tekan dan kuat lentur.
6. Adakah perbedaan yang signifikan penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara, terhadap kuat tekan dan lentur dari sumber *Fly ash* yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara terhadap kuat lentur dengan persentase penambahan *Fly ash* 1 %, 2%, 3% dan 4 % terhadap berat semen.

2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara terhadap kuat tekan dengan persentase penambahan *Fly ash* 1 %, 2%, 3% dan 4 % terhadap berat semen.
3. Untuk mengetahui hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur dari penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara.
4. Untuk mengetahui bentuk keruntuhan yang terjadi dari pada uji kuat lentur tekan dan kuat tekan.
5. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara terhadap kuat tekan dan lentur dengan persentase penambahan *Fly ash* terhadap berat semen terhadap sumber *Fly ash* yang berbeda.
6. Untuk mengetahui tingkat signifikan penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara, terhadap kuat tekan dan lentur dari sumber *Fly ash* yang berbeda.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

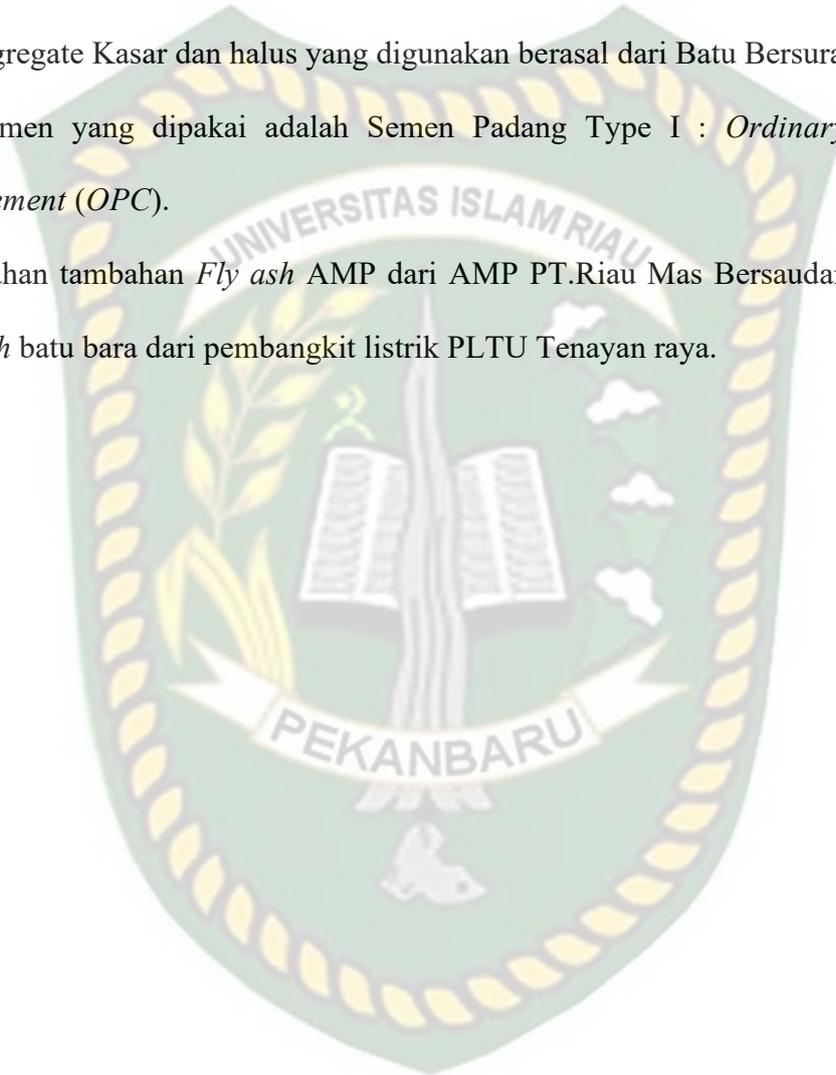
Manfaat tersebut antara lain:

1. Memperdalam pengetahuan mengenai beton dan mengaitkannya dengan pengetahuan teori yang diperoleh.
2. Mendapatkan dan memberikan informasi tentang pengaruh tambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi beberapa hal sebagai berikut ini :

1. Agregat yang dipakai adalah aggregate yang berasal dari *Stone crusher* PT. Riau Mas Bersaudara terletak di jalan raya Pekanbaru – Bangkinang /Rimbo Panjang KM 25, sumber quarry dari Muara Takus - Batu Bersurat .
2. Agregate Kasar dan halus yang digunakan berasal dari Batu Bersurat.
3. Semen yang dipakai adalah Semen Padang Type I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*.
4. Bahan tambahan *Fly ash* AMP dari AMP PT.Riau Mas Bersaudara dan *Fly ash* batu bara dari pembangkit listrik PLTU Tenayan raya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam penelitian ini dipergunakan tinjauan pustaka dari studi - studi yang pernah dilakukan

2.2 Penelitian terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang pernah melakukan pada mutu beton sedang dan tinggi serta penggunaan *Fly ash* AMP dan *Fly Ash* batu bara sebagai bahan tambah antara lain :

2.2.1 Umboh, Dkk (2014)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu terbang (*Fly Ash*) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu abu terbang kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (*Fly Ash*) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Penelitian ini menguji beton dengan benda uji silinder (diameter 100 mm dan tinggi 200 mm) sebanyak 96 sampel dan terdiri dari 6 variasi konsentrasi abu terbang pada pengujian 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel.

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (*Fly Ash*) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang (*Fly Ash*) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk umur beton

28 hari. Dan nilai kuat tekan terendah pada presentase abu terbang (*Fly Ash*) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

2.1.2 Paripurna, (2017)

Dalam penelitian ini untuk mengetahui mengenai karakteristik beton pada perkerasan kaku dengan pemanfaatan air es dan *Fly Ash* terhadap kuat lentur dan kuat tekan. Adapun maksud dan tujuan penelitian ini untuk mengetahui temperatur beton dan *setting time* beton pada perkerasan kaku yang menggunakan pemanfaatan air es dengan variasi suhu 50C, 100C, 150C, 200C dan 270C, sedangkan karakteristik beton terhadap kuat lentur dan kuat tekan dianalisa pada campuran beton dengan pemanfaatan air es, *Fly Ash* dan *Retarder*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki trend bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *Fly Ash* dan *Retarder* cenderung mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat tekan naik.

2.1.3 Syafrisal (2017)

Melakukan penelitian mengenai uji eksprimental beton Fs 45 dengan menggunakan semen Type 1 Portland, pasir urug dan *Fly Ash* AMP (Asphalt Mixing Plant)” maksud tujuan penelitan untuk mendapatkan formula (desain) pada campuran Beton Fs 45 menggunakan Pasir Urug dengan bahan tambah *Fly Ash* dari *Residu* AMP (*Asphalt Mixing Plant*) pada Kuat Lentur FS 45. Metode yang digunakan DOE dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia dan dimuat dalam buku standar SKSNIT-15-1990. Penggunaan *Fly Ash* yang berasal dari sisa pembakaran *Asphalt Mixing Plant*

dapat dipakai untuk campuran beton, baik juga menerima kuat tekan dan lentur. Hal ini merujuk syarat Spesifikasi Teknis Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 hasil yang diperoleh pemakaian pasir urug dan *Fly Ash* hasil pembakaran AMP dengan memenuhi persyaratan untuk campuran beton Fs 45 dimana hasil penambahan *Fly Ash* 3.3% merupakan hasil optimum pada nilai kuat lentur 90.07 % umur 7 hari dan kuat lentur sebesar 103.45 % pada Umur Beton 28 Hari. Sedangkan nilai optimum pemakaian *Fly Ash* 3,3% pada nilai kuat tekan sebesar 30,18 MPa untuk umur 7 hari dan kuat tekan sebesar 38,19 MPa untuk umur 28 hari.

2.1.4 Karmadi (2017)

Telah melakukan penelitian evaluasi potensi abu terbang sisa pembakaran *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Harapan Jaya Beton Bali sebagai pengganti sebagian Semen *Portland*. Maksud tujuan penelitian dapat mengetahui, apakah penggunaan abu terbang hasil pembakaran *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Harapan Jaya Beton dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton tersebut. Untuk mengetahui prosentase penggunaan optimal abu terbang tersebut dalam campuran beton. Metode pengujian yang dipakai yaitu Uji kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Dari hasil pembahasan bahwa semakin besar persentase abu terbang yang digunakan untuk mengganti semen portland maka nilai slump yang didapat semakin besar. Presentase abu terbang yang menghasilkan kuat tekan beton paling besar adalah pada persentase 15% pada saat beton berumur 28 hari yaitu 28,31 Mpa. Penggunaan sampai dengan 20% dan 30% abu terbang sisa pembakaran *Aspal Mixing Plant* (AMP) PT. Harapan Jaya Beton mampu meningkatkan berturut-turut kuat tekan ($f'c$) dan

modulus elastisitas (E_c) dari beton tanpa abu terbang. Penggunaan optimum abu terbang pada umur 28 hari sebesar 15% untuk kuat tekan dan 15% untuk modulus elastisitas. Untuk umur 56 hari penggunaan optimum sebesar 5% untuk kuat tekan dan 10% modulus elastisitas, dan umur 90 hari penggunaan optimum sebesar 5% untuk kuat tekan dan 10% untuk modulus elastisitas.

2.1.5 Darmawan (2017)

Melakukan penelitian analisis workabilitas dan kekuatan campuran perkerasan kaku dengan bahan *Additives Fly Ash* dan Master *Glenium SKY 8108-BASF*. Maksud tujuan penelitian ini dapat mengetahui karakter beton dengan penambahan bahan pengganti sebagian semen dengan *Fly Ash* dan bahan tambah *Master Glenium SKY 8108-BASF* yang beragam. Metode yang digunakan Metode perhitungan yang digunakan adalah SNI 03-2834-1993. Dari hasil penelitian ini pemakaian abu terbang (*Fly Ash*) berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton yang dimana pada penelitian ini semakin banyak persentase *Fly Ash* yang digunakan nilai kuat tekan semakin tinggi tetapi lebih rendah dari beton normal, sedangkan aditif mempengaruhi kuat tekan beton cukup besar, pada penelitian ini semakin banyak penggunaan aditif maka nilai kuat tekan beton semakin tinggi dari beton normal. Penggunaan abu terbang (*Fly Ash*) tidak berpengaruh besar terhadap nilai *slump*, sedangkan aditif mempengaruhi nilai *slump* karena semakin banyak penggunaan aditif maka campuran beton semakin encer tetapi lebih cepat mengeras.

2.1.6 Basharuddin (2017)

Melakukan penelitian kajian korelasi antara kuat tekan terhadap kuat lentur beton pada perkerasan kaku. Maksud dan tujuan penelitian ini sebagai pedoman ketika ada pemeriksaan setelah pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku. Hasil yang didapatkan nantinya mampu menunjukkan hubungan kuat tekan dan lentur beton dan menunjukkan angka konveksi konstanta (K) dari kekuatan tekan ke kuat lentur. Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu suatu metode yang dilakukan percobaan secara langsung untuk mendapatkan data atau hasil menghubungkan antara variabel yang diselidiki. Penelitian ini eksperimen dilakukan dilaboratorium. Pengujian kuat lentur menggunakan menggunakan alat (*Bending testing Machine*) dan tekan menggunakan alat uji UTM dan Hammer Test. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan antara kuat tekan dengan alat Hammer test dan kuat lentur pada beton f_c 30 Mpa, f_c 35 Mpa, f_c 40 Mpa pada umur 28 hari didapat nilai konstanta rata-rata 0,6482, 0,7069 dan 0,7074. Perbandingan pengujian Kuat tekan beton dengan alat tekan UTM dan Hammer test didapat hasil pada beton f_c 30 Mpa hasil pengujian dengan alat tekan UTM lebih rendah 11,30 % jika dibandingkan dengan hasil pengujian alat Hammer Test. Pada beton f_c 35 Mpa hasil pengujian dengan alat tekan UTM lebih rendah 3,70 % jika dibandingkan dengan hasil pengujian alat Hammer Test. Pada beton f_c 40 Mpa hasil pengujian dengan alat tekan UTM lebih rendah 5,70 % jika dibandingkan dengan hasil pengujian alat Hammer Test.

2.1.7 Zulhendri (2018)

Melaksanakan penelitian Kajian perbandingan penggunaan berbagai merek semen terhadap hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton perkerasan kaku. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil dari uji kuat tekan dan uji kuat lentur beton mutu $f_c' = 30$ Mpa untuk tiga merk semen dengan tipe semen PCC. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kualitas tiga merk semen yaitu semen Padang, Semen Holcin dan Semen Conch. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Uji Kuat tekan dan kuat lentur, semen Padang lebih unggul dari pada semen lainnya, menurut umur (7,14,28 dan 56 hari). Perbandingan hasil kuat lentur empiris dengan kuat lentur uji, didapat hasil bahwa kuat lentur uji lebih tinggi kuat lentur hasil empiris.

2.1.8 Husnah, dkk (2018)

Melakukan analisis kuat lentur beton sebagai pengganti bahan semen dengan dengan pemanfaatan *Fly Ash* AMP dari PT.Vira jaya. Tujuan penelitian ini adalah apakah dapat mempengaruhi kuat lentur beton dengan bahan tambah *Fly Ash* AMP sebagai bahan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Dengan penggunaan *Fly Ash* hasil limbah AMPN diteliti sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton yang diaplikasikan pada perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk benda uji balok ukuran 60x15x15cm dan silinder 15 x 30 cm dengan variasi kadar *Fly Ash* 0%,0,5%,10% dan 15% yang diuji pada umur 7 dan 28 hari untuk campuran beton Fs 45. Hasil optimum didapat pada penambahan 5 % dengan nilai kuat lentur 70,07% pada umur 7 hari dan 103,45 % pada umur 28 hari. Sedangkan nilai

kuat tekan 363,62 Kg/cm² pada umur 7 hari dan 460,09 Kg/cm² pada umur 28 hari. Jika dianalisis pada pengganti semen 5 % adalah titik optimum untuk penambahan *Fly Ash* . pemakaian *Fly Ash* diatas 5 % pada campuran tersebut tidak lagi sebagai pozzolan akan tetapi fungsinya aggregate halus dalam campuran beton, akibat pemakaian *Fly Ash* yang berlebih tidak habis bereaksi dengan air dalam campuran beton.

2.3 Perbedaan Terhadap Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian terdahulu seperti penelitian Paripurna, Syafrisal, Karmadi, Darmawan, Basharuddin, Zuhendri, dan Husnah dkk. Adapun perbedaan penelitian ini berupa sumber material agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari daerah Batu Bersurat, bahan tambah (filler) yang digunakan berupa *Fly Ash* AMP yang bersumber dari PT. Riau Mas Bersaudara dan *Fly Ash* Batu bara bersumber dari PLTU Tenayan Raya. Judul penelitian ini berupa Kajian Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* AMP dan *Fly Ash* Batubara Terhadap Kuat Lentur Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan Raya

Pada jalan raya menggunakan lapis perkerasan dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman (Soeharta 2010). Adapun konstruksi perkerasan terdiri dari tiga jenis perkerasan jalan :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan lentur dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan perkerasan kaku yang berasal dari susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atasnya digunakan plat beton, yang terletak di atas pondasi atau langsung di atas tanah dasar.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Pada perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yang hakikatnya merupakan suatu lapisan permukaan yang rata dengan konstruksi yang kuat dan menjamin rasa kenyamanan dan keamanan selama masa umur rencana. Karena itu beban yang bekerja di atas pelat hampir seluruhnya dipikul oleh pelat betonnya, sehingga pada perkerasan kaku terjadi momen lentur (*Concrete Information, 1967*). Yang mana umur rencana yang panjang akan memerlukan perawatan yang sekecil – kecilnya dalam berbagai keadaan. Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang mana

menggunakan semen sebagai bahan ikat sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi.

3.1.1 sJenis Perkerasan kaku

Jenis-jenis diuraikan sebagai berikut :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa bertulang yang mana tipe ini tiada menggunakan penulangan besi, hanya pada bagian – bagian konstruksi tertentu misalnya pada sambungan memanjang atau melintang. Tipe perkerasan ini keuntungannya dibanding dengan tipe lain antaranya cukup sederhana pelaksanaannya karena tidak memakai penulangan.
- b. Perkerasan beton semen bersambung menggunakan tulangan yang mana tipe ini menggunakan sistem penulangan maka panjang ruas diantara sambungan melintang biasanya lebih panjang antara 10 meter hingga 15 meter.
- c. Perkerasan beton semen menerus menggunakan tulangan tipe ini sistem penulangannya yang menerus disepanjang perkerasan, sehingga sambungan melintang tidak dibutuhkan pada tipe ini. Adapun fungsi pada penulangan ini untuk mengurangi terjadinya retakan – retakan akibat penyusutan (*shkrin caracking*).

3.2 Beton

Berdasarkan SNI-2002, beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus dan agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Dari macam - macam jenis beton terbagi antara lain beton normal yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³, dimana dengan menggunakan

aggregate alam yang pecah atau tanpa pecah dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat. Adapun untuk beton khusus biasanya beton yang ditambahkan dengan bahan khusus, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, *Fly ash* dan sebagainya.

Adapun tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal (Tjokrodinuljo,2007).

3.3 Rancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan Spesifikasi SNI 03-2834-2000 :

3.3.1 Agregate

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 60 % - 80 % dari volume mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Adapun agregate menurut SNI 03-2847 2002 menyebutkan bahwa aggregate adalah material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah sebagai hasil disintegrasi alami yang dihasilkan dari industri pemecah batu dengan butir terbesar 0,5 mm untuk agregate halus. Untuk agregate kasar mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Adapun tujuan penggunaan agregate pada beton yaitu sebagai :

1. Sebagai penghematan penggunaan semen *Portland*.
2. Menghasilkan kekuatan besar pada beton.
3. Untuk mengurangi penyusutan pada perkerasan beton.
4. Gradasi yang baik maka tercapai beton yang padat.
5. Sifat dapat dikerjakan (*workability*) bisa diperiksa pada adukan beton.

a. Agregate halus

Agregate halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu merupakan agregat yang mempunyai butiran 2 mm sampai dengan 5 mm . Pada pemilihan agregat halus harus benar-benar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Dalam hal ini sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk mortar bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat (Tjokrodinuljo,1996).

Berdasarkan Spesifikasi Teknis Bina Marga divisi 7.1.(6) rujukan SNI 02 – 6820 - 2002, untuk agregat halus adalah agregat yang lolos saringan 4,75 mm atau saringan N0 4.

Pada campuran beton pasir sangat menentukan untuk kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Dalam memperoleh hasil beton yang seragam, mutu pasir harap dikendalikan. Karena itu pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan. Menurut SNI T 03-2834-

2000 dan ASTM C-33 kekasaran pasir dapat dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasi :

Batasan butiran agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Gradasi saringan agregat halus (Sumber : SNI T 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Batas gradasi pasir							
	Zona I		Zona II		Zona III		Zona IV	
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah
10	100	100	100	100	100	100	100	100
5	90	100	90	100	90	100	95	100
2,36	60	95	75	100	85	100	95	100
1,18	30	70	55	90	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan :

Zone I : Pasir kasar

Zone II : Pasir agak kasar

Zone III : Pasir agak halus

Zone IV : Pasir halus

Berdasarkan tabel 3.1 menunjukkan agregat pasir dari diameter saringan 10mm kasar dan kebawah semakin halus. Sifat- sifat agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.2 :

Tabel 3.2.Sifat - sifat Agregat halus

Sifat	Ketentuan	Metoda Pengujian
Berat isi Lepas	Maksimum 1.200 Kg/m ³	SNI 03- 4804-1998
Penyerapan Air	Maksimum 5%	SNI 1969:2008

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran besar antara 4,75 mm - 150 mm. Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen (Tjokrodimuljo,1996).

Berdasarkan rujukan ASTM C 125-03 “*Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*” agregat kasar adalah suatu agregat yang tertahan padasaringan 4,75 mm (No. 4). Sifat-sifat bahan bangunan sangat perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, kita dapat menentukan langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (*hardness*), bentuk dan tekstur permukaan (*shape and texture surface*), berat jenis agregat (*specific gravity*), ikatan agregat kasar (*bonding*), modulus halus butir (*finenes modulus*), dan gradasi agregat (*grading*). Syarat-syarat Agregat kasar adalah sebagai berikut menurut (SNI 03 – 2834 – 2000).

1. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum digunakan
3. Tidak mengandung zat yang dapat merusak batuan, seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
4. Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlah tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Tabel 3.3.Persyaratan Aggregate kasar (kerikil atau koral) (SNI 03-2834-2000)

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal aggregate		
	38 - 4,76	19,0-4,76	9,6 - 4,76
38,1	95 - 100	100	
19,0	37 - 70	95 - 100	100
9,52	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4,76	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Untuk dapat hasil kepadatan (*density*) dan porositas (*voids*) minimum dibuatkan susunan butiran (*gradasi*) yang baik. Sifat penting dari agregat (kasar maupun halus) adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

Dari bentuk partikel agregat mempengaruhi kebutuhan air, *workability*, kemampuan untuk diangkut (*mobility*), *bleeding*, kemampuan untuk membentuk hasil akhir yang baik (*finishability*) dan kekuatan. Partikel yang lebih bulat (*rounded*) dapat memberi *workability* yang lebih baik dibanding dengan partikel yang bentuknya pecah atau bersudut. Hal ini disebabkan karena sedikitnya bidang kontak antar partikel yang dialami oleh partikel bulat, sehingga gesekan antar partikel menjadi lebih kecil dan aliran campuran beton menjadi lebih mudah.

Kemudian dari bentuk butiran agregat dapat juga mempengaruhi kuat tekan pada beton. Adukan yang menggunakan agregat dengan bentuk pecah dan bersudut akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan yang lebih tinggi disebabkan kekuatan ikatan antar partikelnya besar. Kekuatan ikatan yang besar tersebut dikarenakan bidang kontak antara partikel dengan pasta yang besar.

c. Berat Jenis Agregate

Berat jenis Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 dengan kuat tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa, yang biasanya dibuat untuk nonstruktur, akan tetapi dapat pula untuk beton struktural atau blok dinding tembok (Tjokrodinuljo,2007). Kebalikannya ialah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan fondasinya lebih kecil. Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Beton yang dihasilkan berat jenis sekitar 2,3 – 2,4 dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa

disebut beton normal, Berat jenis >3,00 dengan kuat tekan antara 40 – 80 Mpa disebut beton berkuatan mutu tinggi. Berat jenis dapat memakai Persamaan 3.1

$$b.j = \frac{w}{Vb} \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana :

bj = berat Jenis

w = berat kering

Vb = Volume butiran agregat

d. Serapan dan Kadar Air Dalam Agregat

Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas di dalam agregat. Persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika di rendam dalam air disebut serapan air.

Jika agregat basah ditimbang beratnya W, kemudian dikeringkan dalam tungku (oven) pada suhu 105°C sampai beratnya tetap (Wk), maka kadar air agregat basah itu dengan memakai Persamaan 3.2 (Tjokrodinuljo, 1996).

$$K = \frac{W-Wk}{Wk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Agregat yang jenuh air (pori-porinya terisi penuh oleh air), namun permukaannya kering sehingga tidak mengganggu air bebas di permukaannya disebut agregat jenuh kering muka.

Jika agregat yang jenuh kering muka ini kemudian dimasukkan ke dalam tungku pada 105°C sampai beratnya tetap, yaitu Wk, maka kadar air

agregat jenuh kering muka itu dengan memakai Persamaan 3.3 (Tjokrodimuljo, 1996)

$$K_{jkm} = \frac{W_{jkm} - W_k}{W} \dots\dots\dots (3.3)$$

e. Persyaratan Agregat

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin Los Angeles, atau dengan bejana Rudeloff.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm (No. 200). Pada agregat mengandung halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak lebih dari 5% untuk beton sampai 10 MPa (100 Kg/cm²), dan 2,5% untuk beton mutu yang lebih tinggi. Pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai maksimum 1 persen. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum atau maka harus dicuci dengan air bersih.

Sifat – sifat Agregat kasar pada perkerasan beton semen (fs 4,5 Mpa) harus memenuhi tabel 3.4

Tabel 3.4 Sifat – sifat Agregat Kasar

Sifat	Ketentuan	Metoda pengujian
Kehilangan akibat Abrasi los Angeles	tidak melampaui 40% untuk 500 putaran	SNI 2417:2008
Berat isi Lepas	minimum 1.200 kg/m ³	SNI 03-4804-998
Berat Jenis	minimum 2,1	SNI 1970:2008
Penyerapan oleh air	ampas besi : Maks 6% lainnya maks 2,5 %	SNI1970:2008
bentuk partikel dengan rasio 3:1 dan 5: 1	Masing - masing Maks 25 %	ASTM 4-4791
Bidang pecah (2 atau lebih)	Minimum 80 %	SNI 7619-2012

3.3.2 Semen Portland (*Portland cement*)

Portland cement merupakan bahan pengikat utama untuk adukan beton dan pasangan batu yang digunakan menyatukan bahan menjadi satu kesatuan yang kuat. Jenis atau tipe semen yang digunakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Menurut *ASTMC150 Portland cement* dibagi menjadi lima Tipe yaitu:

1. Tipe I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*, semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
2. Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*,semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi(cepat mengeras).
4. Tipe IV : *Low Heatof Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah,dengan kekuatan awal rendah.

5. Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

Selain semen Portland diatas,juga terdapat beberapa jenis semen lain:

1. *Blended Cement* (SemenCampur)

Semen campur dibuat karena dibutuhkannya sifat-sifat khusus yang tidak dimiliki oleh semen portland.Untuk mendapatkan sifat khusus tersebut diperlukan material lain sebagaicampuran.Jenis semen campur:

2. *Portland Pozzolan Cement* (PPC)

Portland Pozzolan Cement (PPC) adalah merupakan semen hidrolisis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan bahan pozzolan (*Trass* atau *Fly ash*) halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *Portland* dan bahan *pozzolan* bersama-sama atau mencampur secara merata semen *Portland* dan bahan *pozzolon* atau gabungan antara menggiling dan mencampur.

3. *Portland Blast Furnace Slag Cement*

Portland Blast Furnace Slag Cement adalah semen *Portland* yang dicampur dengan *kerak dapur tinggi* secara homogen dengan cara mencampur bubuk halus semen *Portland* dengan bubuk halus *slag* atau menggiling bersama antara klinker *portland* dengan butiran slag. Aktivitas slag (*Slag Activity*) bertambah dengan bertambahnya ratio $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ dan *glass content*. Tetapi biasanya keberadaan *ratio oksida* dan *glass Content* tersebut saling berkebalikan. Beberapa sifat *slag* semen adalah sebagai berikut :

- a. Jika kehalusannya cukup, mempunyai kekuatan tekan yang sama dengan semen portland.
 - b. Betonnya lebih stabil dari pada beton semen Portland
 - c. Mempunyai permeability yang rendah.
4. Semen *Mosonry*

Semen *Mosonry* yaitu semen hidrolis, yang digunakan terutama dalam pekerjaan menembok dan memplester konstruksi, yang terdiri dari campuran dari semen *portland* atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water safe retention*), dan ketahanan (*durability*).

5. *Portland Composite Cement* (PCC)

Portland Composite Cement (PCC) adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan *gyps* dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. 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 composite*.

- a. Water Proofed Cement

Waterproof fedcement adalah campuran yang homo gen antara semen

Portland dengan “*Water proofing agent*”, dalam jumlah yang kecil.

b. *White Cement* (Semen Putih)

Semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif, bukan untuk tujuan konstruktif.

c. *High Alumina Cement*

High alumina cement dapat menghasilkan beton dengan kecepatan pengerasan yang cepat dan tahan terhadap serangan sulfat dan asamakan tetapi tidak tahan terhadap serangan alkali.

d. Semen Anti Bakteri

Semen anti bakteri adalah campuran yang homogeny antara semen *Portland* dengan “*antibacterial agent*” seperti *germicide*.

3.3.3 Air Semen

Air semen merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi air semen, untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). Semakin tinggi nilai air semen, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (*Mulyono, 2004*).

Menurut Tjokrodimuljo (1996), dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.4 Bahan Tambah

Bahan tambah adalah yang digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan kinerja beton dapat berupa bahan kimia, bahan mineral atau hasil limbah yang berupa serbuk *pozzolanik* sebagai bahan pengisi pori dalam campuran beton. Bahan tambahan yang diluar dari Semen, Agregat, Air dan perkuatan dengan menggunakan resedu Abu Terbang (*Fly ash*) yang digunakan sebagai bahan campuran semen untuk memodifikasi sifat beton segar, waktu pengerasan, dan kinerja beton saat keras dan ditambahkan ke dalam adukan sebelum atau selama proses pencampuran (mixing) (ASTM C 125, 2003)

1. Bahan kimia

Menurut standar *ASTM C 494*, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu :

- a. *Water reducing admixtures* yaitu untuk mengurangi jumlah air campuran beton
- b. *Retarding admixtures* yaitu memperlambat proses pengikatan beton dan memperpanjang waktu pematangan
- c. *Accelerating admixtures* yaitu mempercepat terjadinya pengikatan dan pengembangan kekuatan beton.

- d. *Water reducing and retarding admixtures* yaitu mengurangi kebutuhan air sekaligus memperlambat proses pengerasan beton
- e. *Water reducing and accelerating admixtures* yaitu untuk mengurangi kebutuhan air dan mempercepat terjadinya pengerasan beton.
- f. *Water reducing and high range admixtures* yaitu untuk mengurangi kebutuhan air guna menciptakan beton dengan konsistensi tertentu.
- g. *Water reducing, high range and retarding admixtures* yaitu mengurangi jumlah kebutuhan air pencampur lebih dari 12% untuk konsistensi tertentu serta menghambat proses pengerasan dan pengikatan beton.

2. Mineral

Mineral yang berupa bahan tambahan atau bahan limbah dapat berbentuk abu terbang (*Fly ash*), *Pozzolan*, *Mikro Silica* atau *silica fume*.

Apabila digunakan bahan tambahan berupa *Fly ash*, maka bahan tersebut harus sesuai dengan standar spesifikasi yang ditentukan dalam SNI 03-2460-1991 tentang spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton. Adapun sifat - sifat dari abu terbang adalah :

- a. Sifat Fisik dari *Fly ash* merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral-mineral pengotor dalam 9 batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batu bara ini titik leleh abu batu bara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Dan kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. *Fly ash* batubara terdiri dari

butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain: Warna : abu-abu keputihan, Ukuran butir: sangat halus yaitu sekitar 88 %.

- b. Sifat Kimia Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang. Sifat kimia dari abu terbang batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sub/bituminous menghasilkan abu terbang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak dari pada bituminous. Namun, memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. Abu terbang batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm.

3.5 Sifat-Sifat Beton Segar

Beton segar adalah beton dalam kondisi belum mengeras (kondisi plastis), dan bila akan mengeras dalam beberapa jam setelah beton diaduk. Beton segar mempunyai kinerja yang tinggi yaitu: *workability* atau kemudahan dikerjakan, kohesivitas dan kemudahan pemompaan ke tempat yang tinggi, panas hidrasi rendah, susut yang relative rendah pada proses pengerasan dan percepatan

maupun penundaan waktu ikat awal. Sifat-sifat yang perlu diperhatikan pada beton segar adalah:

3.6 Sifat Kemudahan dikerjakan (*Workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan beton untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Sifat kemudahan dikerjakan pada beton segar dipengaruhi oleh:

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton.

Semakin banyak air yang dipakai, semakin mudah beton segar dikerjakan tetapi jumlah air yang banyak dapat menurunkan kuat tekan beton.

2. Penambahan semen ke dalam adukan.

Makin banyak jumlah semen, maka beton segar makin mudah dikerjakan.

3. Gradasi agregat halus dan kasar.

Apabila agregat yang digunakan mempunyai gradasi sesuai dengan persyaratan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.

4. Bentuk butiran agregat.

Bentuk butiran agregat bulat akan lebih mempermudah pengerjaan beton.

5. Penggunaan admixture dan bahan tambah mineral.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan *workability* beton.

Untuk mengukur *workability* beton dilakukan pengujian slump. Semakin besar nilai slump berarti adukan beton encer dan ini berarti beton semakin mudah dikerjakan.

Pada beton segar harus dihindari terjadinya segregasi dan ketidak kohesifan campuran. Segregasi terjadi disebabkan karena beton kekurangan

butiran halus, butir semen kasar dan adukan sangat encer. Ketidak kohesifan beton disebabkan oleh: kekurangan semen, kekurangan pasir, kekurangan air dan susunan besar butir agregat tidak baik. Untuk menghindari terjadinya segregasi dan ketidakkohesifan campuran dilakukan dengan cara memperbaiki susunan campuran beton yaitu : memperbaiki kadar air, kadar pasir, ukuran maksimum butir agregat dan penambahan jumlah butiran halus (filler). Pengujian slump mengacu pada metode pengujian berdasarkan SNI 1972-2008.

Tabel 3.5. Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur (SNI 1972)

No.	Elemen Struktur	Slump Maks (cm)	Slump Min (cm)
1	Dinding ,Plat pondasi, pondasi telapak Bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah Tanah	9,0	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom dan Dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

3.7 Berat Volume

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat bersih beton segar terhadap volumenya (volume silinder untuk pengujian). Berat volume beton berfungsi untuk mengoreksi susunan campuran beton apabila hasil perencanaan berbeda dengan pelaksanaan. Angka koreksi di peroleh dari perbandingan antara berat volume beton perencanaan dengan berat volume beton pelaksanaan. Harga

angka koreksi ini kemudian dikalikan dengan kebutuhan masing-masing bahan dalam perencanaan. Selain itu, berat volume beton juga berfungsi untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan volume dan mengoreksi kelebihan maupun kekurangan bahan pada saat pembuatan beton yang akan mempengaruhi volume pekerjaan secara keseluruhan.

3.8 Waktu Ikat

Waktu ikat beton merupakan waktu yang dibutuhkan oleh beton untuk mengeras, mulai dari keadaan plastis yang mudah dikerjakan menjadi bentuk yang kaku (keras). Waktu ikat berfungsi untuk mengetahui kapan saat yang tepat untuk membuka cetakan (bekisting) beton sehingga beton tidak mengalami perubahan bentuk, tetapi beton tersebut belum diperbolehkan menerima beban, baik berat sendiri maupun beban yang berasal dari luar.

3.9 Sifat Mekanik Beton

Sifat mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang lebih duktail, kededapan air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

3.10 Rancangan campuran Beton (*Mix Design*)

Tujuannya adalah untuk menentukan proporsi bahan baku beton seperti semen, agregate kasar, agregate halus dan air yang sesuai dengan kriteria *workbility*, kekuatan, *durabilitas* serta penyelesaian akhir. Dari campuran yang

dihasilkan oleh rancangan harus optimal yang berarti pemakaian bahan yang minimum dengan pertimbangan kriteria teknis.

3.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton per satuan luas. Kuat tekan beton normal antara 20 – 40 MPa. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh : faktor air semen (water cement ratio = w/c), sifat dan jenis agregat, jenis campuran, workability, perawatan (curing) beton dan umur beton. Faktor air semen (water cement ratio = w/c) sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Semakin kecil nilai w/c nya maka jumlah airnya sedikit yang akan menghasilkan kuat tekan beton yang besar. Sifat dan jenis agregat yang digunakan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan akan dihasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Selain itu susunan besar butiran agregat yang baik dan tidak seragam dapat memungkinkan terjadinya interaksi antar butir sehingga rongga antar agregat dalam kondisi optimum yang menghasilkan beton padat dan kuat tekan yang tinggi.

Jenis campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton. Jumlah pasta semen harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat dan mengisi rongga-rongga diantara agregat sehingga dihasilkan beton dengan kuat tekan yang diinginkan. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang diinginkan, maka beton yang masih muda perlu dilakukan perawatan dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen berjalan dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, akan timbul retak-retak pada permukaannya. Retak-retak

ini akan menyebabkan kekuatan beton turun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh.

Kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton dianggap mencapai 100 % setelah beton berumur 28 hari. Menurut SNI T-15-1991, perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat PC type 1 berdasarkan umur beton disajikan pada tabel 2.11 yaitu :

Tabel 3.6. Nilai perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur beton (SNI T-15-1991)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Kuat tekan beton dihitung dengan rumus :

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.4)$$

dimana :

f_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas bidang tekan benda uji (mm^2)

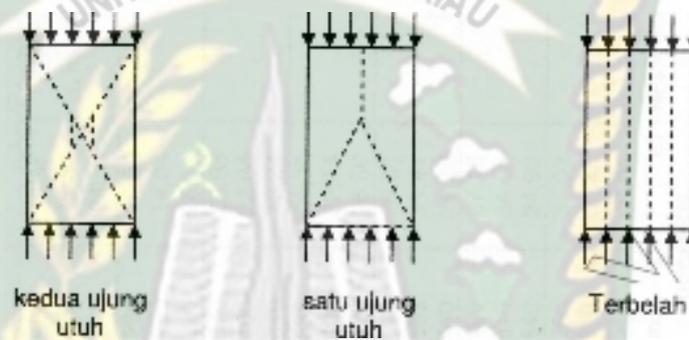
$$f'_c = \frac{\sum f_c}{N} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

f'_c rata-rata = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

N = Jumlah benda uji (buah)

Pengujian dilaksanakan dengan posisi benda uji yang diberi tekanan pada benda uji silinder maupun kubus. Parameter pengujian adalah dengan memberikan beban tekanan pada benda uji dengan alat uji tekan *Compresion Testing Machine* (Sumber SNI 4431: 1997) hingga benda uji mengalami keretakan. Setelah tampak keretakan pada benda uji pada sisi benda uji maka penekanan dihentikan serta catat besaran tekanan maximum.



Gambar 3.1 Bentuk – bentuk kerusakan benda uji

3.12 Kuat Lentur Beton

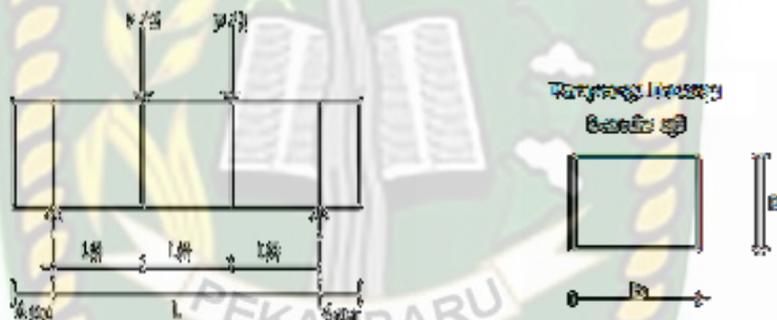
Cara pengujian yang digunakan adalah pembebanan tiga titik (three point bending) pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam *Mega Pascal (Mpa)* gaya persatuan luas cara pengujian mengacu pada SNI 4431: 1997.



Gambar 3.2. Cara pengujian kuat lentur beton (Sumber SNI 4431: 1997)

b. Tampak memanjang

a. Tampak melintang



Gambar 3.3. Cara pengujian kuat lentur (Sumber SNI 4431: 1997)

3.13. Rumus – rumus Perhitungan

Rumus – rumus yang dipergunakan sebagai berikut :

- a. Untuk pengujian dimana patah terletak didaerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{bh^2} \dots \dots \dots (3.6)$$

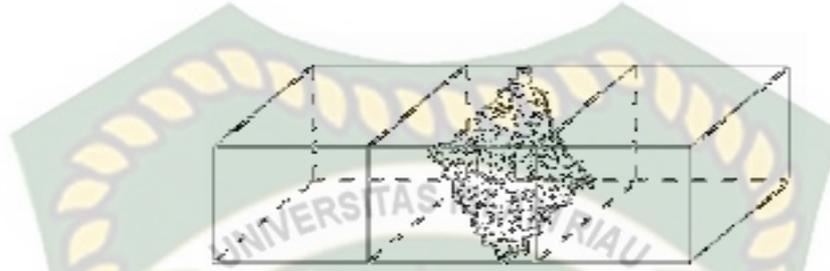
dimana: σ_1 = Kuat lentur

b = lebar penampang benda uji (mm)

P = beban maksimum (kN)

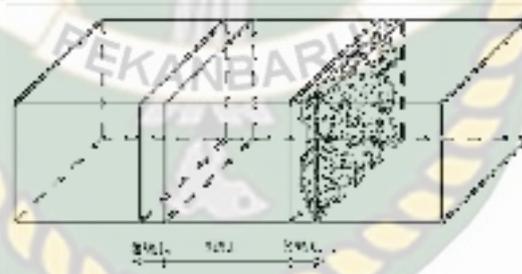
L = panjang benda uji (mm)

h = tinggi penampang benda uji (mm)



Gambar 3.4. Patah pada 1/3 bentang Rumus 3.6 (Sumber SNI 4431: 1997)

- b. Untuk pengujian dimana benda uji berada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5 % dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :



Gambar 3.5 Patah pada 1/3 bentang tengah dan garis patah < 5% dari bentang Rumus 3 (Sumber SNI 4431: 1997)

$$\sigma_l = \frac{3P \cdot a}{bh^2} \dots \dots \dots (3.7)$$

dimana:

σ_l = Kuat lentur

P = beban maksimum (kN)

L = panjang benda uji (mm)

b = lebar penampang benda uji (mm)

h = tinggi penampang benda uji (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

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



Gambar 3.6 Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada > 5% dari bentang (Sumber SNI 4431: 1997)

3.14 Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexible strength*) umur 28 hari, (Sumber Pd T-14-2003). Hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton dapat didekati dengan persamaan berikut ini :

$$f_s = K (f_c)^{0.5} \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana : f_s = kuat lentur beton pada umur 28 hari (MPa)

f_c = kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

K = konstanta, 0,7 untuk agregat tidak pecah dan 0,75 untuk agregat pecah

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan secara langsung agar mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antara variabel yang diselidiki. Pada penelitian ini eksperimen dilakukan di laboratorium. Pengujian yang dalam penelitian ini meliputi pengujian bahan, pengujian kuat lentur menggunakan alat uji kuat lentur (*Bending testing Machine*).

4.2 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada laboratorium PT. Riau Mas Bersaudara yang terletak di jalan raya Pekanbaru – Bangkinang / Rimbo panjang KM 25 gambar 4.1.



Gambar 4.1. Lokasi laboratorium pengujian

4.3 Bahan

Bahan merupakan material seperti agregat kasar, agregat halus, pengikat atau semen, bahan tambahan dan air yang hendak dibuat menjadi suatu benda tertentu. Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Semen yang digunakan adalah Tipe I *Ordinary Portland Cement (OPC)* produksi PT Semen Padang.
2. Pasir (agregat halus) yang digunakan yaitu Pasir yang berasal dari Batu bersurat.
3. Batu pecah (agregat kasar) yang digunakan berasal dari Stone Crusher (STC) PT. Riau Mas Bersaudara / Batu bersurat .
4. Abu terbang (*Fly ash*) batu bara yang digunakan dari PLTU Tenayan Raya Pekanbaru.
5. Abu terbang (*Fly ash*) AMP yang digunakan dari AMP PT.Riau Mas Bersaudara.
6. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari sumur bor Laboratorium PT. Riau Mas Bersaudara.

4.4 Alat

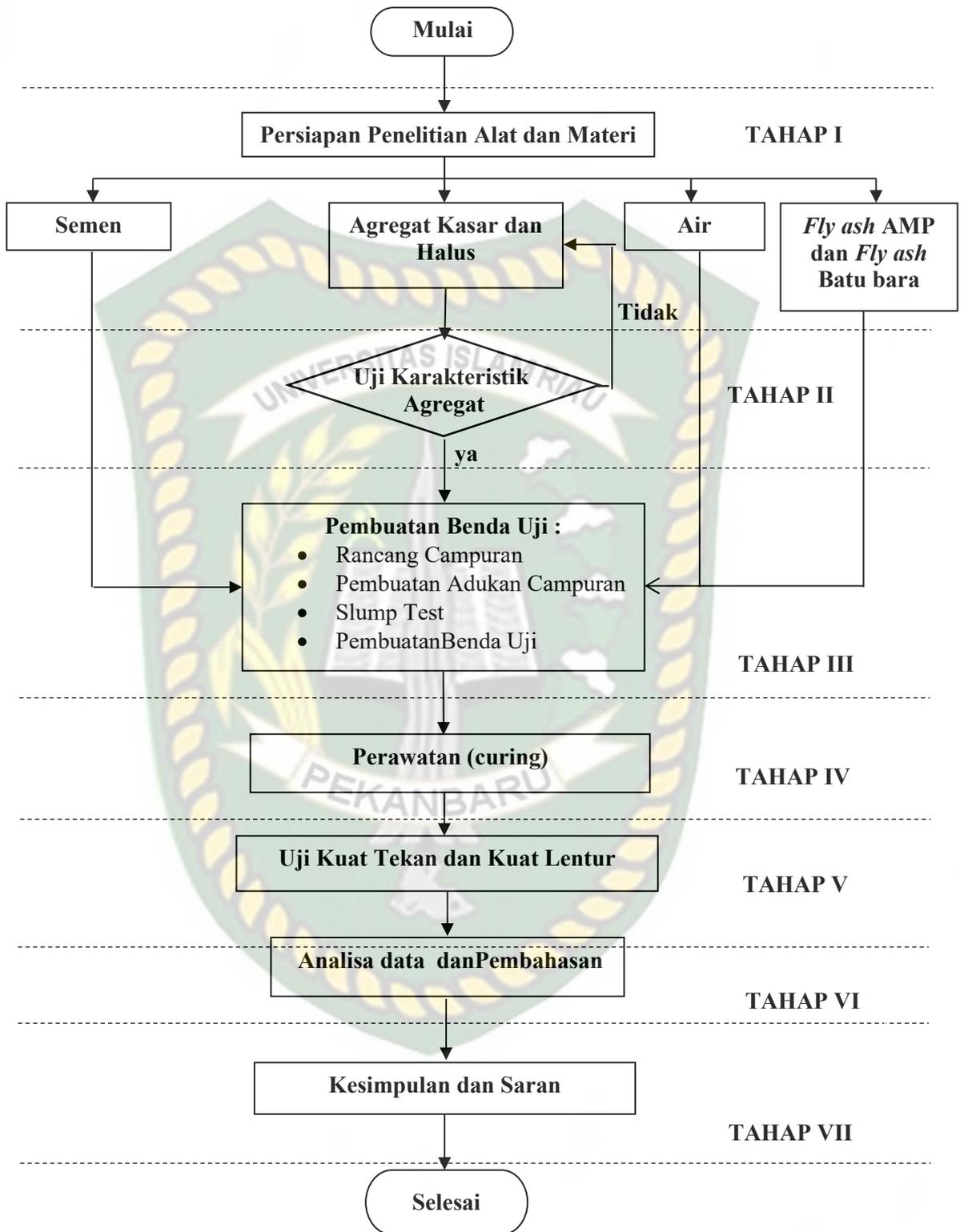
Alat merupakan suatu benda yang digunakan untuk mengerjakan sesuatu dengan maksud dan tujuan tertentu. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set saringan (*sieve*) standar ASTM beserta alat penggetar (*sieve Shaker*).
2. Oven lengkap dengan pengatur suhu

3. Gelas ukur
4. Timbangan triple beam dengan ketelitian 0,1 gram
5. Timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gram
6. Conical mould untuk mengukur keadaan SSD aggregate halus.
7. Mesin Los Angeles dan bola baja untuk uji abrasi aggregate kasar.
8. Ember kecil untuk wadah air.
9. Alat pengaduk / mollen (*concrete mixer*).
10. Satu set cetakan (*mould*) benda Uji Balok ukuran x15 cm x15 cm x 60 cm untuk uji kuat lentur cm dan Silinder ukuran 15 cm x 30 cm (D x t) untuk uji kuat tekan.
11. Alat penggetar (*concretet vibrator*)
12. Alat uji *slump*, terbuat dari baja berbentuk kerucut terpancung dengan tebal 1,2 mm diameter atas 305 mm diameter bawah 203 mm dan alat penumbuk.
13. Bak perendaman benda uji uji silinder 15 x 30 cm dan balok 60 x 15 x 15cm.
14. Satu set alat uji kuat tekan beton
15. Satu set alat uji kuat lentur.

4.5 Tahapan – tahapan pelaksanaan penelitian.

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan tahap – tahap mulai dari pemilihan material, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian benda uji analisis data hingga diambil kesimpulan dari hasil pengujian. Dapat dilihat dengan dengan bagan alir pada gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2. Diagram Alir Penelitian

Agar penelitian ilmiah ini memperoleh hasil yang memuaskan maka perlu dilaksanakan dengan sistematika dan urutan yang jelas hingga dapat dipertanggung jawabkan. Karena itu dalam penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap dibawah ini:

1. Tahap I yaitu tahap persiapan

Dalam tahap ini dilakukan persiapan baik bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam pengujian material, pembuatan adukan beton, pengujian slump dan pembuatan benda uji.

2. Tahap II yaitu tahap uji bahan

Untuk tahap ini lakukan pengujian bahan yaitu semen, agregat halus dan agregat kasar. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui karakteristik material dan menetapkan apakah material tersebut memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton dan acuan untuk membuat *mix design* beton.

3. Tahap III yaitu tahap pembuatan benda uji (*mix design*)

Untuk tahap ini dilakukan pembuatan benda uji (*mix design*) untuk mengetahui proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang diperlukan dalam campuran beton agar diperoleh kuat tekan yang direncanakan dengan acuan SNI 03-2834-2000 dengan uraian :

- a. Penetapan rancangan campuran (*mix design*)
- b. Pembuatan adukan
- c. Pemeriksaan nilai slump.
- d. Pembuatan benda uji , untuk kuat tekan sampel benda uji dengan silinder dan kuat lentur dengan balok.

4. Tahap IV yaitu tahap perawatan (*curing*)

Setelah pembuatan benda pada tahap III lakukan perawatan dengan melakukan perendaman benda uji selesai benda uji dibuka dari cetakan.

5. Tahap V yaitu tahap pengujian benda uji.

Pada tahap ini dilakukan pengujian Mutu beton dan analisa data dari hasil pengujian.

a. Pengujian kuat lentur (*Modulus of Rupture*)

Benda Uji beton yang telah direndam dikeringkan sehari sebelum pengujian. Kemudian ditimbang agar diketahui berat beton. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat kuat lentur beton (*Compression Machine*) pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Alat Pengujian Kuat Lentur Beton

Gambar 4.3 merupakan alat pengujian kuat lentur beton menggunakan sistem tekanan hidrolik untuk mengetahui kelenturan benda uji pada 3 (tiga) titik.

b. Pengujian kuat tekan (*compressive strength test*)

Benda uji beton yang telah direndam dikeringkan sehari sebelum pengujian lalu dilakukan pembuatan kaping dengan plaster gypsum berkekuatan tinggi atau adukan belerang. Kemudian ditimbang agar diketahui berat beton . Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat kuat tekan beton (*Bending testing*).



Gambar 4.4 Alat Pengujian Kuat Tekan Beton

Gambar 4.4 merupakan alat pengujian kuat tekan beton menggunakan sistem tekanan hidrolik untuk mengetahui kuat tekan benda uji.

6. Tahap VI yaitu tahap analisa data

Dalam tahap ini dari data hasil pengujian lakukan analisa agar mendapatkan suatu variable untuk mendapatkan suatu kesimpulan antara variable – variable hasil penelitian.

7. Tahap VII yaitu tahap kesimpulan

Pada tahap ini, data yang telah dianalisa dilakukan suatu kesimpulan yang berkaitan dengan tujuan penelitian.

4.6 Populasi dan Sampel

Variasi abu terbang yang digunakan adalah 1%, 2%, 3% dan 4% mengacu pada SNI 03-2834-2000 bahwa penambahan bahan tambahan tidak diizinkan 5 %. Setelah dilakukan pencampuran dilakukan pengambilan sampel beton fs 45 kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pengambilan benda uji :

1. Sampel balok minimal 12 benda uji balok (3 benda uji untuk 7 hari, 3 benda uji untuk 14 hari, 3 benda uji untuk 28 Hari dan 3 benda uji untuk 56 hari).
2. Sampel silinder minimal 12 benda uji (3 benda uji untuk 7 hari, 3 benda uji untuk 14 hari, 3 benda uji untuk 28 Hari dan 3 benda uji untuk 56 hari).

4.7 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur dengan standar pengujian.

4.7.1 Standar pengujian kuat tekan .

Pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *compression testing machine* dan pengambilan data dengan mengacu berdasarkan SNI 03-1974-1990.

Proses pengujian kuat tekan dan pengambilan data sebagai berikut :

1. Beton yang mau diuji diambil dari perendaman, lalu di jemur selama 24 jam.
2. Lalu timbang benda uji dan beri tanda berupa beratnya, umur benda uji yang akan diuji sebelum dilakukan pengujian.

3. Letakan beton ke mesin kompres secara centris kemudian jalankan mesin tekan sampai jarum pada dial tidak naik lagi lalu matikan mesin.
4. Catat kuat tekan beton tersebut .
5. Interval pengujian tersebut dilakukan untuk umur beton 7, 14, 28, dan 56 hari.

4.7.2 Standar pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur prosesnya berdasarkan pada SNI 443 : 2011. Proses pengujian dan pengambilan data sebagai berikut :

1. Siapkan benda uji ukur dan catat bentuk/dimensi penampang benda uji lentur beton.
2. Selanjutnya ukur lalu dicatat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
3. Lalu timbang benda uji dan beri tanda berupa beratnya, umur benda uji yang akan diuji sebelum dilakukan pengujian .
4. Siapkan mesin uji lentur.
5. Atur dan letakkan secara simetris benda uji sehingga siap untuk pengujian selanjutnya diberikan beban dengan memompa alat sehingga jarum pada alat terbaca sampai benda uji patah.
6. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji.
7. Ambil benda uji yang telah selesai diuji yang dapat dilakukan dengan menurunkan pelat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.
8. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah sedikitnya pada tiga tempat dan ambil harga rata-ratanya.
9. Dokumentasikan beton untuk mengambil bentuk pecah yang terjadi

10. Selanjutnya hitung kuat lentur dengan persamaan sesuai yang dijelaskan pada bab sebelumnya.

11. Hitung jumlah Agregate patah dan lepas pada penampang yang patah untuk mengetahui perilaku masing – masing beton yang patah.

4.8 Cara Analisis

Setelah pengujian selesai, maka dilakukan analisa data yang ada sebagai berikut :

1. Lakukan analisa berapa besar kuat tekan dan lentur yang terjadi dari masing – masing penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara yang telah diuji dan dimasukkan kedalam grafik pada umur benda uji 7, 14, 28 dan 56 hari.
2. Analisa hubungan benda uji antara kuat tekan dan kuat lentur dengan umur beton lakukan dengan membuat grafik hubungan kuat lentur dengan umur beton, hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan menggunakan rumus $SNI = K\sqrt{f'c}$.
3. Analisis Persentase material patah dan lepas pada benda uji kuat tekan dan lentur.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksanaan material yang dilakukan adalah pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus.

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan terhadap karakteristik Agregat kasar yang dihasilkan dari produksi Stone Crusher PT. Riau Mas Bersaudara adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Agregat kasar/Batu pecah

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Ket.
1	Berat Jenis				
	a. Berat Jenis Kering	2,592	(gr/cm ³)	>2,5	ok
	b. Berat Jenis SSD	2,614	(gr/cm ³)	>2,5	ok
	c. Berat Jenis Semu	2,652	(gr/cm ³)	>2,5	ok
	d. Penyerapan	0,883	%	3 %	0k
2	Keausan	32,16	%	Maks. 40%	memenuhi

Hasil pengujian Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini didapat berat jenis kering 2,592, hasil pengujian memenuhi persyaratan SNI 03-2834-2000 yaitu minimal 2,5. Berat jenis SSD 2,614, hasil pengujian memenuhi persyaratan minimal 2,5. Berat jenis semu 2,652, hasil pengujian memenuhi persyaratan SNI minimal 2,5. Untuk nilai keausan (abrasi) 32,16 % yang memenuhi persyaratan spesifikasi teknis dengan nilai maksimal keausan adalah 40%. Hasil pemeriksaan penyerapan aggregate adalah 0,883 %, dapat memenuhi persyaratan spesifikasi teknis dengan nilai maksimum penyerapan yaitu 3%.

5.1.2 Hasil Pemeriksaan Agregate Halus (pasir)

Pemeriksaan terhadap karakteristik agregate halus (pasir) yang dihasilkan dari produksi Stone Crusher PT. Riau Mas Bersaudara adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2 Hasil pemeriksaan agregate halus (pasir)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi	Ket.
1	Berat Jenis :				
	a. Berat Jenis Kering	2,595	(gr/cc)	>2,5	ok
	b. Berat Jenis SSD	2,607	(gr/cc)	>2,5	ok
	c. Berat Jenis Semu	2,627	(gr/cc)	>2,5	ok
	d. Penyerapan	0,472	%	3 %	Ok

Agregate halus (pasir) yang digunakan dari Batu Bersurat dalam penelitian ini memiliki penyerapan 0,472 %, dapat memenuhi persyaratan spesifikasi teknis dengan nilai maksimum penyerapan yaitu 3 %.

5.2 Rancangan campuran Beton (*Job Mix Design*) f_s 4,5 MPa

Berdasarkan hitungan rancangan campuran (*mix design*) menjadi *job mix design* adukan beton mutu rencana f_s 4,5 MPa diperoleh kebutuhan bahan untuk 1 m³ beton dapat dilihat pada tabel 5.3 :

Tabel 5.3 Hasil rancangan campuran (Mix Design) dengan mutu beton Normal
 f_s 4,5 MPa

No.	Jenis material	Jumlah (Kg)
1.	Semen	441,18
2.	Air	102,97
3.	Agregate Kasar	1.142,81
4.	Agregate halus/Pasir	733,28
	Total	2.420,24

sesuai dengan Pd T-14-2003 (Perencanaan perkerasan jalan beton) rancangan campuran beton f_s 4,5 Mpa yang telah dikonversi setara dengan beton f_c' 36 Mpa sesuai dengan ketentuan $F_s = K\sqrt{F'_c}$ K dengan material batu pecah 0,75 dengan korelasi.

5.3 Hasil pengujian Beton

Hasil pengujian beton dengan bahan tambahan *Fly ash AMP* dan *Fly ash* batu bara menurut umurnya.

5.3.1 Beton dengan bahan tambah *Fly ash AMP*

Beton dengan bahan tambahan *Fly ash AMP* dengan pengujian kuta lentur dan kuat tekan :

1. Uji kuat lentur beton dengan *banding testing machine* menurut umur

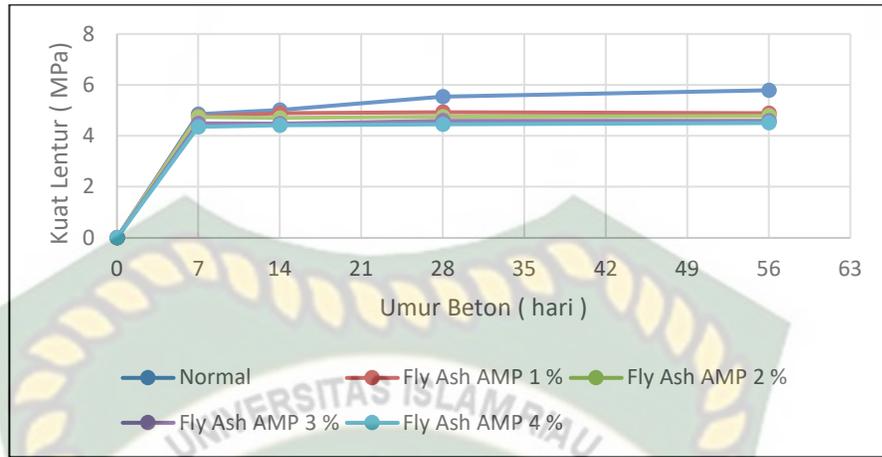
Hasil pengujian kuat lentur rata – rata beton pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari berdasarkan lampiran B (hasil pengujian beton) pada beton normal, serta

penambahan *Fly ash AMP* terhadap berat semen dengan menggunakan rumus 3.6 dapat dilihat pada tabel 5.4 :

Tabel 5.4 Nilai kuat uji lentur beton menurut umur 7, 14, 28 dan 56 hari

No.	Kadar <i>Fly ash AMP</i> (%)	Kuat lentur rata-rata (MPa)			
		7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
1	0	4,85	5,02	5,54	5,79
2	1	4,76	4,89	4,94	4,89
3	2	4,73	4,70	4,75	4,78
4	3	4,49	4,47	4,60	4,59
5	4	4,35	4,42	4,45	4,51

Dari Tabel 5.4 diatas menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan *Fly ash* terhadap kuat lentur beton tertinggi pada umur 7 hari adalah *Fly ash* 1 %, umur 14 hari hasil uji lentur tertinggi adalah penambahan *Fly ash* 1 %, umur 28 uji kuat lentur tertinggi adalah *Fly ash AMP* 1 %, dan pada umur 56 hari uji tertinggi adalah 1 % . Dari keseluruhan umur benda uji kuat lentur penambahan *Fly ash AMP* 1% yang tertinggi namun tidak melebihi kuat uji lentur dari beton normal. ini bisa dilihat pada grafik 5.1 dibawah ini :



Gambar 5.1 Grafik uji kuat lentur beton menurut umur

Pada grafik 5.1 menerangkan bahwa penambahan variasi *Fly ash AMP* terjadi penurunan dibawah beton normal seiring umur pengujian kuat lentur beton.

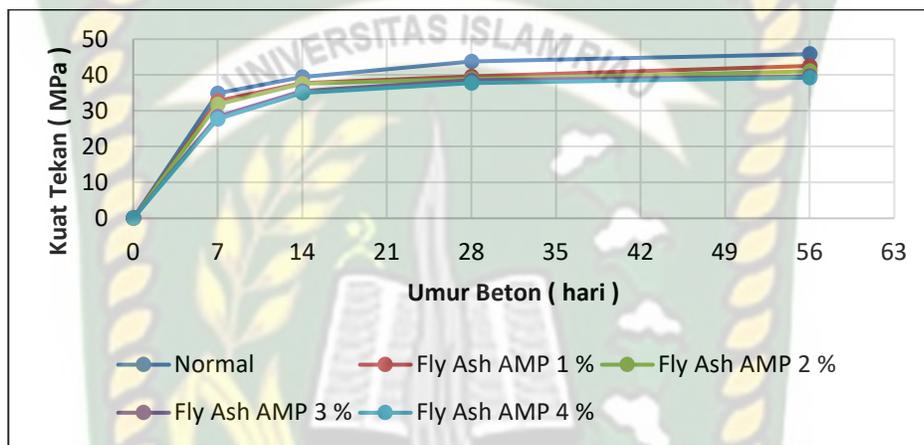
2. Uji kuat tekan beton dengan *Comprression machine* menurut umur

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari berdasarkan lampiran C (hasil pengujian beton) pada beton normal, serta penambahan *Fly ash AMP* terhadap berat semen dengan menggunakan rumus 3.4 dapat dilihat dari tabel 5.5 berikut ini :

Tabel 5.5 Nilai Kuat Uji Tekan Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari

No.	Kadar <i>Fly ash AMP</i> (%)	Kuat Tekan rata - rata (Mpa)			
		7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
1	0	34,80	39,41	43,74	45,86
2	1	32,69	37,68	39,51	42,49
3	2	31,72	37,49	38,84	41,05
4	3	28,36	35,47	38,45	39,61
5	4	27,69	34,90	37,68	39,22

Dari Tabel 5.5 diatas menunjukkan pengaruh penggunaan *Fly ash AMP* terhadap kuat tekan rata – rata paling tinggi dari variasi *Fly ash AMP* menurut umur berturut – turut adalah pada penambahan *Fly ash AMP* 1 %, namun kuat tekan yang tertinggi pada setiap umur benda uji adalah bton normal. Disini terlihat pada grafik 5.2 dibawah ini :



Gambar 5.2 Grafik Uji kuat tekan Beton menurut umur

Pada grafik 5.2 menerangkan bahwa penambahan variasi *Fly ash AMP* terjadi penurunan dibawah beton normal seiring umur pengujian kuat tekan beton

5.3.2 Beton dengan bahan tambah *fly ash* batu bara

Beton dengan bahan tambahan *fly ash* batu bara dengan pengujian kuat tekan menurut umur adalah

1. Uji kuat lentur beton dengan *bending testing machine* menurut umur

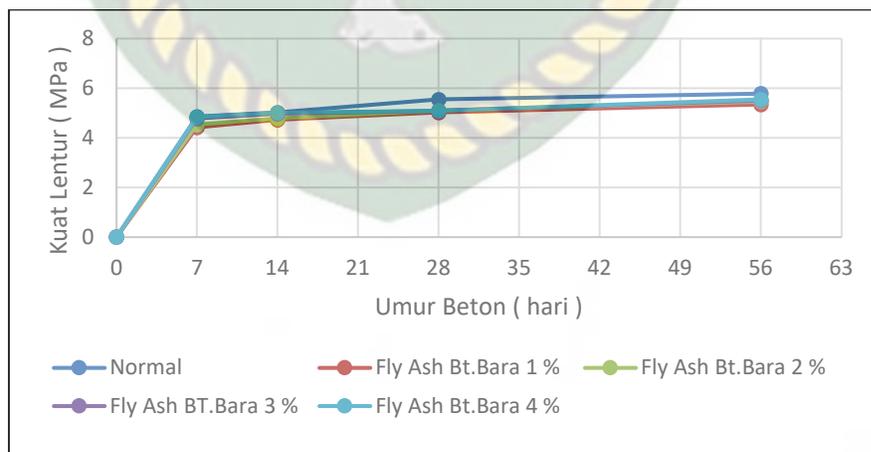
Hasil pengujian kuat lentur beton rata – rata pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari berdasarkan lampiran B (hasil pengujian beton) pada beton normal, serta

penambahan *fly ash* Batu bara terhadap berat semen dengan menggunakan rumus 3.6 dapat dilihat dari tabel 5.6 berikut ini :

Tabel 5.6 Nilai Kuat Uji Lentur Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari

No.	<i>Fly ash</i> Bt.Bara (%)	Kuat Lentur rata – rata (MPa)			
		7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
1	0	4,85	5,02	5,54	5,79
2	1	4,41	4,73	5,02	5,35
3	2	4,53	4,78	5,10	5,47
4	3	4,78	4,97	5,08	5,51
5	4	4,83	5,01	5,08	5,55

Berdasarkan tabel 5.6 diatas terlihat kuat lentur beton dengan penambahan persentase *Fly ash* batu bara terjadi kenaikan kuat lentur disetiap penambahan variasi 1 %, 2 %, 3 % dan 4 % pada umur uji 7, 14, 28 dan 56 hari namun kenaikan pada masing – masing umur benda uji tidak melabihi kuat lentur beton normal, hal ini bisa dilihat pada grafik 5.3 dibawah ini :



Gambar 5.3 Grafik Uji Kuat lentur Beton menurut Umur

Pada grafik 5.3 menerangkan bahwa penambahan variasi *Fly ash* batu bara terjadi kenaikan dibawah beton normal seiring umur pengujian kuat lentur beton.

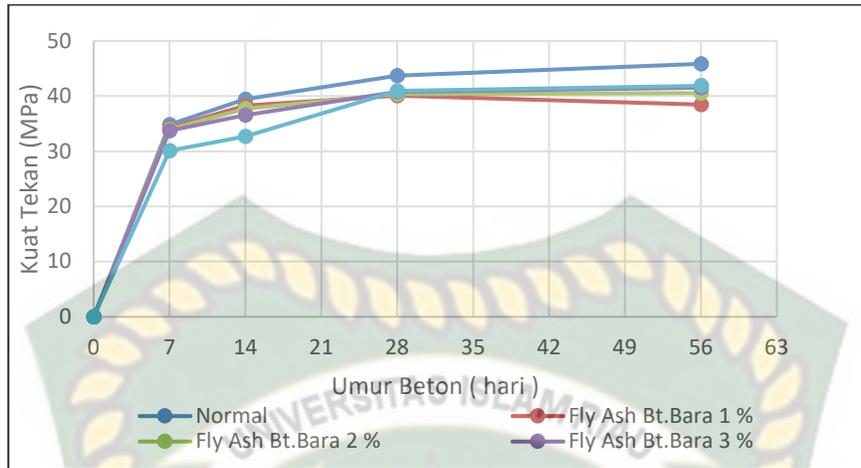
2. Uji kuat Tekan beton dengan *Comprsession machine* menurut umur

Hasil pengujian kuat tekan beton rata – rata pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari berdasarkan lampiran C (hasil pengujian beton) pada beton normal, serta penambahan *Fly ash* Batu bara terhadap berat semen dengan menggunakan rumus 3.4 dapat dilihat pada tabel 5.7 :

Tabel 5.7 Nilai Kuat Uji Tekan Beton menurut Umur 7,14,28 dan 56 hari

No.	Kadar <i>Fly ash</i> Batu bara (%)	Kuat tekan rata - rata (Mpa)			
		7 hari	14 hari	28 hari	56 hari
1	0	34,80	39,41	43,74	45,86
2	1	34,22	38,26	40,09	38,45
3	2	33,94	37,68	40,38	40,57
4	3	33,74	36,53	40,76	41,53
5	4	30,09	32,69	40,95	41,91

Dari Tabel 5.7 menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan *Fly ash* Batu bara terhadap kuat tekan beton. Pada umur beton 7 dan 14 hari penggunaan *Fly ash* cenderung menurun pada setiap penambahan *Fly ash* nya dan benda uji beton umur 28 hari hingga umur 56 hari cenderung terjadi kenaikan pada setiap persentase penambahan *Fly ash* tetapi masih dibawah kuat tekan beton normal. ini bisa dilihat pada grafik 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Uji tekan Beton menurut umur

Pada grafik 5.4 menerangkan bahwa penambahan variasi *Fly ash* batu bara terjadi kenaikan dibawah beton normal seiring umur pengujian kuat tekan beton

5.4 Hubungan antara Kuat Tekan dan Kuat lentur Beton

Dari perhitungan data kuat tekan dan kuat lentur dengan variasi penambahan serat *Fly ash AMP* dan *Fly ash Batu bara* didapat suatu hubungan antara kuat lentur (f_s) dan akar kuat tekan ($\sqrt{f'c}$) beton, menghasilkan nilai konstanta, untuk penggunaan material agregate pecah adalah 0,75.

5.4.1 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 7 hari

Perhitungan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton untuk umur 7 hari berdasarkan persamaan 3.8 dapat dilihat pada tabel 5.8 :

Tabel 5.8 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton umur 7 hari

No	Pemakaian <i>Fly ash</i> AMP/ Bt.Bara (%)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) AMP	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) AMP	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) Bt.Bara	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) Bt.Bara	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ AMP	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ Bt.Bara
1	0	34,80	4,85	34,80	4,85	0,822	0,822
2	1	32,69	4,76	34,22	4,41	0,832	0,753
3	2	31,72	4,73	33,94	4,53	0,839	0,778
4	3	28,36	4,49	33,74	4,78	0,843	0,823
5	4	27,69	4,35	30,09	4,83	0,826	0,881

Dari tabel 5.8 hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur di atas, maka didapat nilai konstanta rata-rata untuk *Fly ash* AMP adalah 0,832 dan *Fly ash* Batu bara adalah 0,811. Dari persamaan rumus 3.8 didapat konstanta hasil Kuat lentur (f_s) banding akar kuadrat kuat tekan (f_c'). *Fly ash* AMP nilai konstantanya paling rendah pada umur beton 7 hari pada penambahan *Fly ash* 4% namun nilai konstanta lebih tinggi dari nilai yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar penggunaan batu pecah. Untuk *Fly ash* Batu bara nilai konstantanya paling rendah pada pada umur beton 7 hari pada penambahan *Fly ash* 1 % namun nilai konstanta lebih tinggi dari nilai yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar penggunaan batu pecah.

5.4.2 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 14 hari

Perhitungan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton untuk umur 14 hari berdasarkan persamaan 3.8 dapat dilihat pada tabel 5.9 :

Tabel 5.9 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton umur 14 hari

No	Pemakaian <i>Fly ash</i> AMP/ Batu Bara (%)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) AMP	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) AMP	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) Bt.Bar	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) Bt.Bar	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ AMP	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ Bt.Bar
1	0	39,41	5,02	39,41	5,02	0,800	0,800
2	1	37,68	4,89	38,26	4,73	0,797	0,764
3	2	37,49	4,70	37,68	4,78	0,768	0,779
4	3	35,47	4,47	36,53	4,97	0,750	0,822
5	4	34,90	4,42	32,69	5,01	0,748	0,876

Dari tabel 5.9 hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur di atas, maka didapat nilai konstanta rata-rata untuk *Fly ash AMP* adalah 0,773 dan *Fly ash Batu bara* adalah 0,808. Dari persamaan rumus 3.8 didapat konstanta hasil Kuat lentur (f_s) banding akar kuadrat kuat tekan (f_c'). *Fly ash AMP* nilai konstantanya paling rendah umur beton 14 hari pada penambahan *Fly ash* 4% nilai konstanta tidak mencapai nilai konstanta sudah ada sebesar 0,75 untuk standar menggunakan agregat pecah. Pada *Fly ash Batu bara* nilai konstantanya paling tinggi pada umur beton 14 hari pada penambahan *Fly ash* 4 % nilai konstanta yang didapat lebih tinggi dari nilai yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar penggunaan batu pecah.

5.4.3 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 28 hari

Perhitungan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton untuk umur 28 hari berdasarkan persamaan 3.8 dapat dilihat pada tabel 5.10 dan 5.11 berikut ini :

Tabel 5.10 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fly Ash AMP* umur 28 hari

No	Pemakaian <i>Fly ash AMP</i> (%)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) AMP	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) AMP	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c}}$ <i>Fly ash AMP</i>
1	0	43,74	5,54	0,837
2	1	39,51	4,94	0,786
3	2	38,84	4,75	0,762
4	3	38,45	4,60	0,741
5	4	37,68	4,45	0,724

Tabel 5.11 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fly Ash Batu bara* umur 28 hari

No	Pemakaian <i>Fly Ash Batu Bara</i> (%)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) Bt.Bar	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) Bt.Bar	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c}}$ <i>Fly Ash Bt.Bar</i>
1	0	43,74	5,54	0,837
2	1	40,09	5,02	0,792
3	2	40,38	5,10	0,803
4	3	40,76	5,08	0,795
5	4	40,95	5,08	0,793

Dari tabel 5.10 dan 5.11 hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur di atas, didapat nilai konstanta rata-rata untuk *Fly ash AMP* adalah 0,770 dan *Fly ash Batu bara* adalah 0,804. Dari persamaan rumus 3.8 didapat konstanta hasil Kuat lentur (f_s) banding akar kuadrat kuat tekan (f_c). Untuk *Fly ash AMP* pada penambahan 3 % dan 4 % nilai konstantanya rendah pada umur 28 hari yaitu nilai konstanta tidak mencapai dari nilai yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar penggunaan batu pecah. Untuk *Fly ash Batu bara* nilai konstanta yang didapat lebih tinggi pada setiap penambahn

Fly ash dari nilai konstanta yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar menggunakan batu pecah. Dari penelitian sebelumnya yang tertera dalam tabel berikut ini :

Tabel 5.12 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton umur 28 hari (Zulhendri, 2018)

No	Merk Semen	Mutu Beton	Kuat Tekan (f_c') (Mpa)	Kuat Lentur (f_s) (Mpa)	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$
1	Semen Padang	$f_c'=30$ MPa	31,89	4,31	0,7632
2	Semen Holcim	$f_c'=30$ MPa	31,38	4,17	0,7565
3	Semen Coach	$f_c'=30$ MPa	31,76	4,23	0,7627

Berdasarkan Tabel 5.12. mengacu Perencanaan perkerasan jalan beton semen Pdt-14-2003 bahwa nilai $K=0,75$ untuk bahan agregat pecah dimana didapat lebih tinggi $K=0,76$ pada penelitian sebelum dan penelitian yang dilaksanakan lebih tinggi nilai K , dari hasil studi ini menunjukkan Nilai K yang berbeda sehingga dalam mengkonversi F_c dan F_s harus melalui percobaan yang seksama karena berbeda campuran /bahan addetivnya atau semennya akan mempunyai karakter yang bebeda.

5.4.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 56 hari

Perhitungan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton untuk umur 56 hari berdasarkan persamaan 3.8 dapat dilihat pada tabel 5.12 :

Tabel 5.13 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton pada umur 56 hari

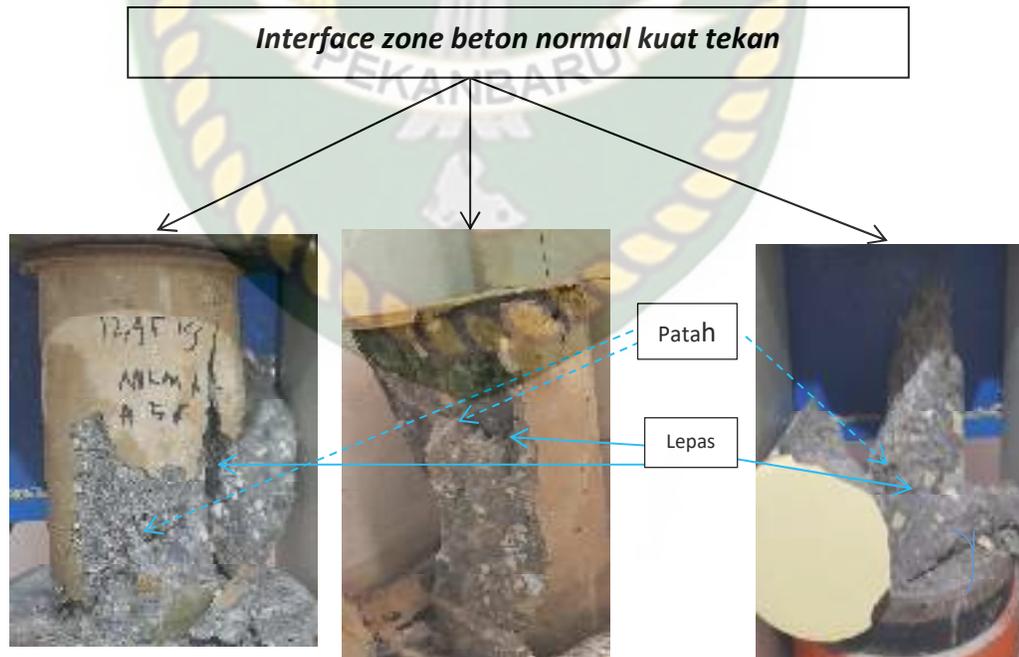
No	Pemakaian <i>Fly ash</i> AMP/ Batu Bara (%)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) AMP	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) AMP	Kuat Tekan (f_c) (Mpa) Bt.Bar	Kuat Lentur (f_s) (Mpa) Bt.Bar	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ AMP	$K = \frac{f_s}{\sqrt{f_c'}}$ Bt.Bar
1	0	45,86	5,79	45,86	5,79	0,854	0,850
2	1	42,49	4,89	38,45	5,35	0,750	0,790
3	2	41,05	4,78	40,57	5,47	0,746	0,858
4	3	39,61	4,59	41,53	5,51	0,729	0,855
5	4	39,22	4,51	41,91	5,55	0,720	0,857

Dari tabel 5.13 hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur di atas, maka didapat nilai konstanta rata-rata untuk *Fly ash AMP* adalah 0,760 dan *Fly ash Batu bara* adalah 0,842. Dari persamaan rumus 3.8 didapat konstanta hasil Kuat lentur (f_s) banding akar kuadrat kuat tekan (f_c'). *Fly ash AMP* nilai konstantanya paling rendah umur beton 56 hari pada penambahan *Fly ash* 2%, 3% dan 4% semakin bertambah *Fly ash* nilai konstanta semakin menurun yaitu dibawah nilai konstanta sudah ada sebesar 0,75 untuk standar menggunakan agregat pecah. Pada *Fly ash Batu bara* nilai konstanta pada umur beton 56 hari rata – rata konstanta tinggi pada setiap pembahan *Fly ash* nilai konstanta lebih tinggi dari nilai yang sudah ada sebesar 0,75 untuk standar penggunaan batu pecah yang, berarti bahwa pemakaian fly ash ini akan meningkatkan kuat tarik lentur pada beton.

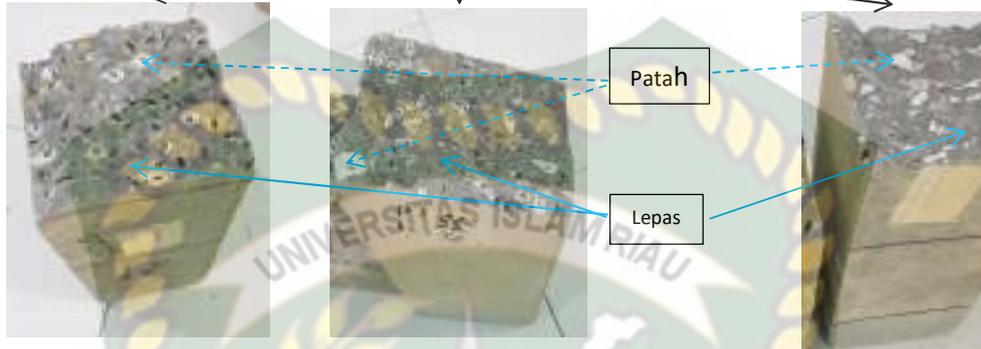
5.5 Material lepas dan patah pada *interface zone* (bentuk keruntuhan) pada uji kuat tekan dan uji kuat lentur.

Bentuk keruntuhan merupakan daerah yang sangat lemah pada kehancuran beton, yaitu pada bidang kontak antara pasta semen dengan agregate, dikarenakan terjadi ikatan yang tidak sempurna. Kehancuran material beton tersebut antara lain disebabkan oleh pemakaian faktor air semen (fas) yang cukup tinggi dan penggunaan partikel – partikel bahan penyusun beton yang berukuran besar, sehingga kerapatan tidak maksimal dan terjadi porositas yang besar.

Pada uji kuat tekan dengan *Compression Testing Machine* dan kuat lentur dengan *Bending Testing Machine* kelihatan bentuk keruntuhan (*interface zone*) yang terlihat pada gambar berikut ini :

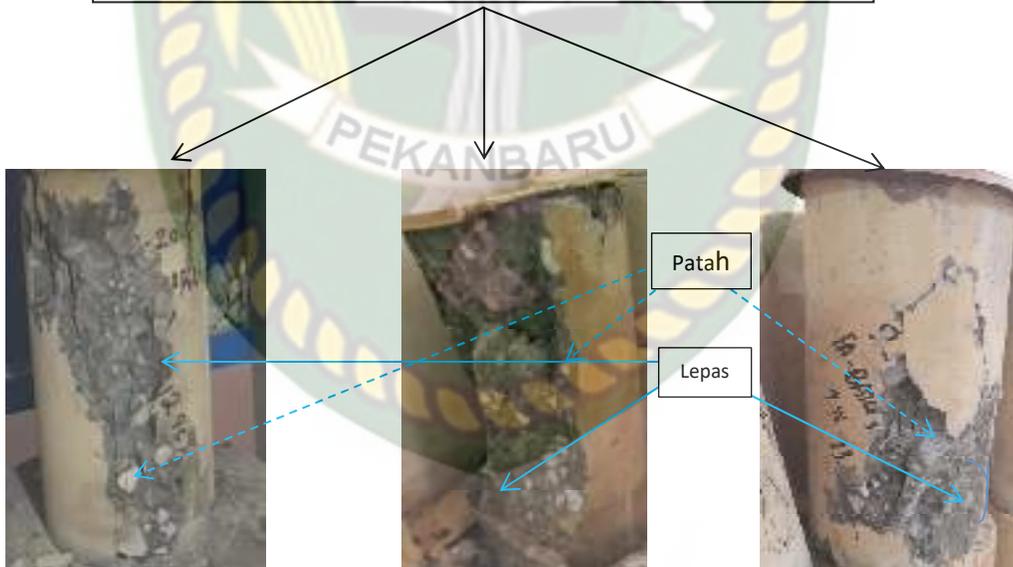


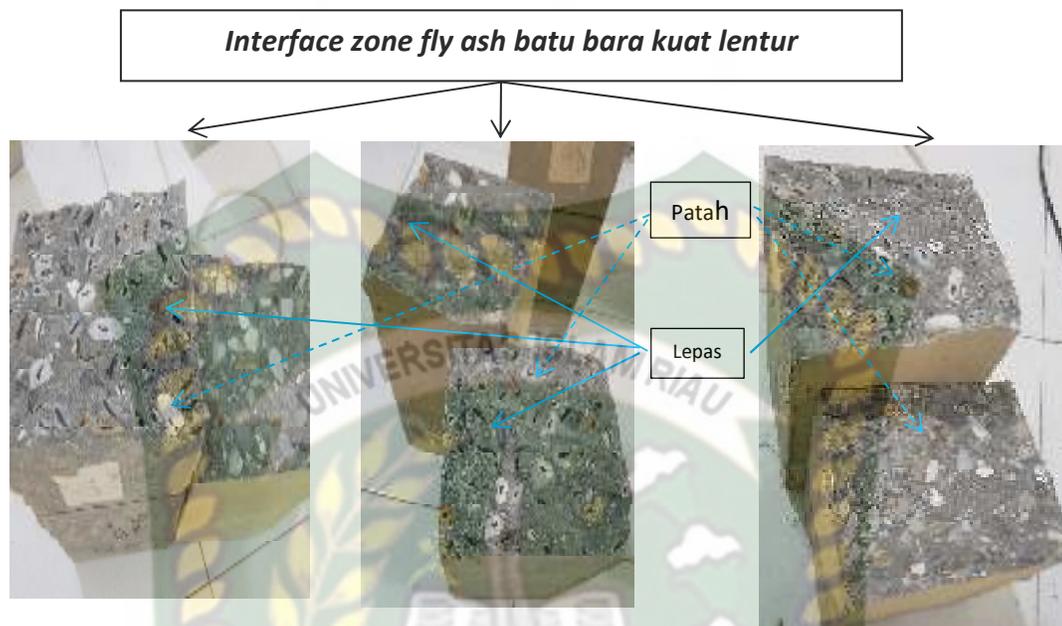
Interface zone beton normal kuat lentur



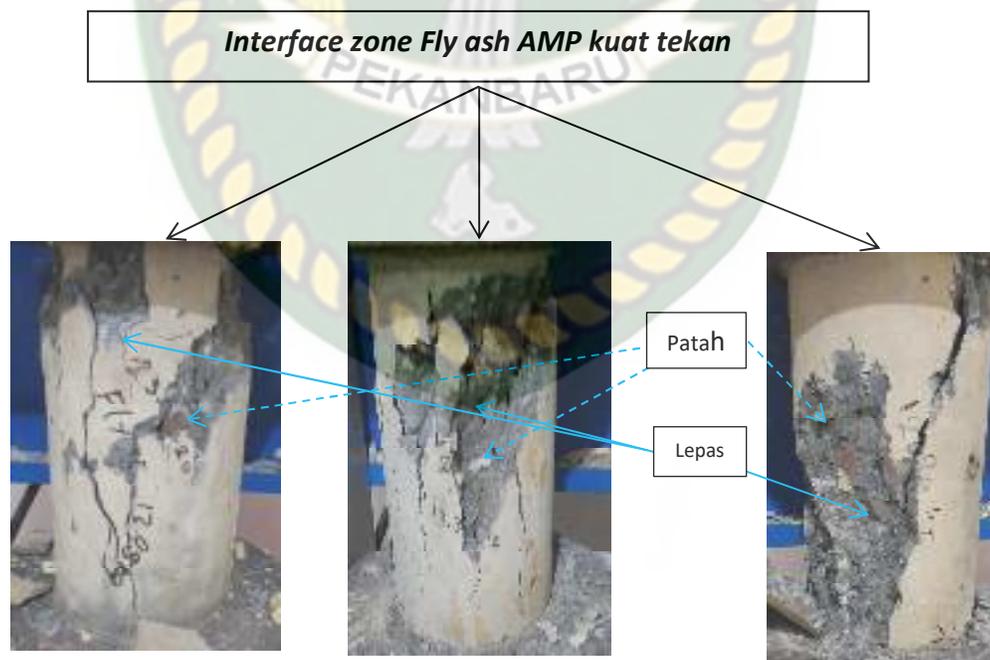
Gambar 5.5 Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton normal

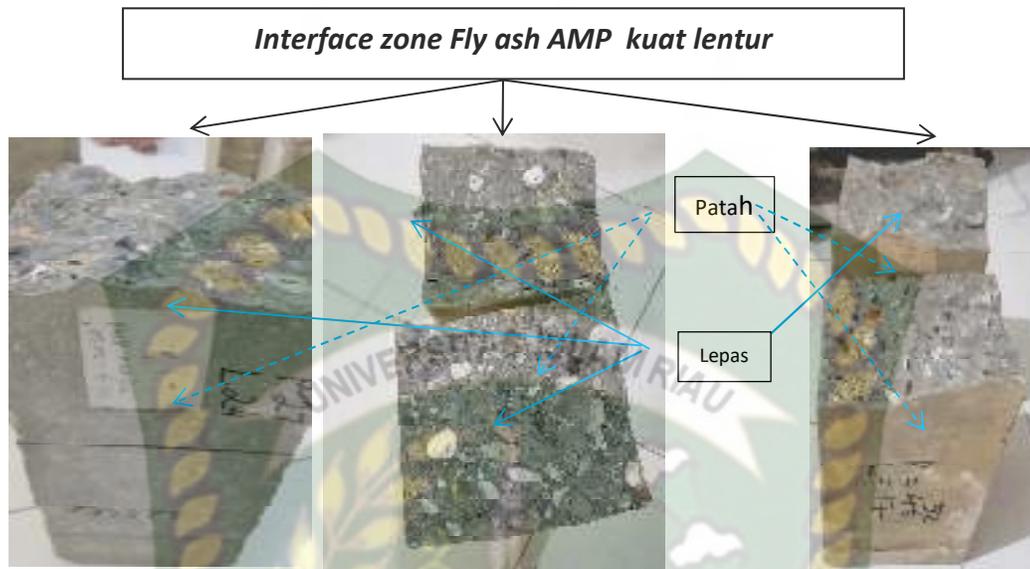
Interface zone fly ash batu bara kuat tekan





Gambar 5.6 Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur fly ash bata bara





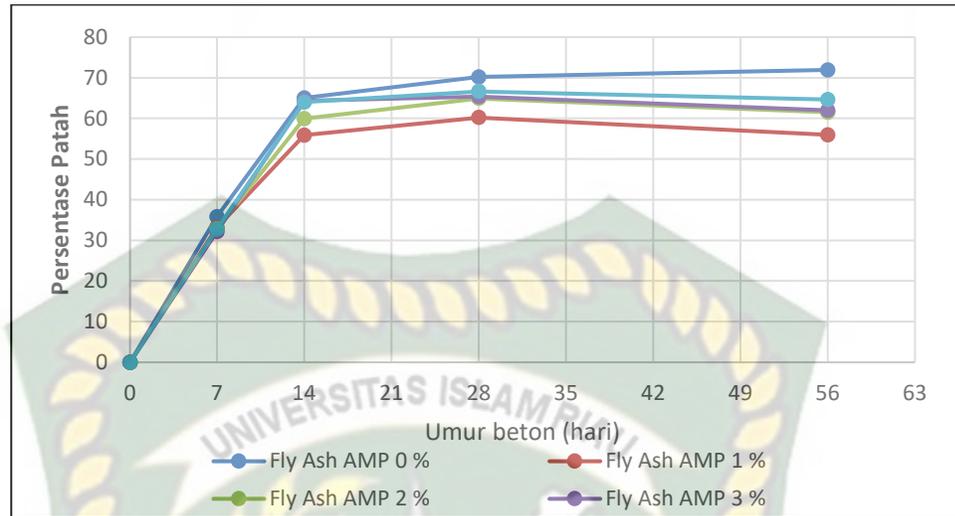
Gambar 5.7 Bentuk benda uji umur 28 hari setelah pengujian kuat tekan dan kuat lentur *Fly ash AMP*

Bentuk pada gambar 5.5, gambar 5.6 dan gambar 5.7 dapat dihitung material aggregate kasar yang lepas dan patah, dari hasil hitungan tersebut dipersentasekan perbandingan yang lepas dan patah. Agar dapat mengetahui berapa besar perbandingan material aggregate tersebut yang lepas dan patah pada masing – masing penggunaan *Fly ash AMP* dan *Fly ash Batu bara* yang dapat dilihat dari hasil pengujian sebagai berikut :

5.5.1 Material patah dan lepas *Fly ash AMP* pada uji kuat tekan

Material patah dan lepas *Fly ash AMP* pada uji kuat tekan dengan penambahannya 0 %, 1%, 2%, 3% dan 4 %, dimana tabel perhitungannya dapat lihat pada Lampiran D tabel 5.14, 5.15.16, 5.17 dan 5.18.

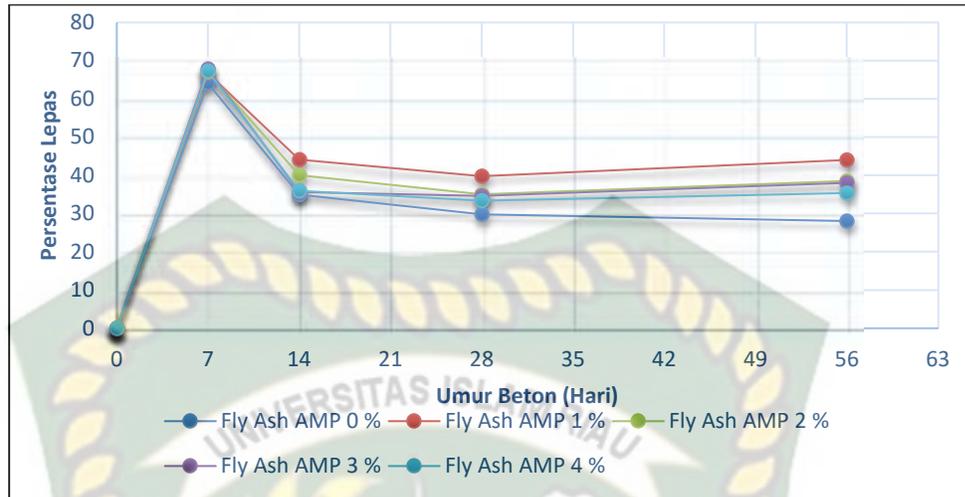
Berdasarkan perhitungan patah dapat dilihat pada gambar 5.8 dengan 3 benda uji dengan nilai rata-rata.



Gambar 5.8 Grafik Material Patah pada uji kuat Tekan menurut umur beton

Dari gambar 5.8 menerangkan bahwa beton normal memiliki persentase patah lebih dominan dibandingkan dengan beton dengan penambahan *fly ash* lainnya dan yang lebih sedikit patahnya pada beton normal atau tanpa penambahan *fly ash*. Pada umur beton rendah cenderung terjadi material lepas dari pasta dikarenakan proses pengikatan pasta semen terhadap agregate kasar masih belum sempurna dari grafik diatas uji tekan beton normal lebih sedikit dengan penambahan *fly ash* paling banyak material lepas.

Berdasarkan perhitungan persentase agregate kasar lepas uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.9 dengan 3 benda uji dengan nilai rata-rata



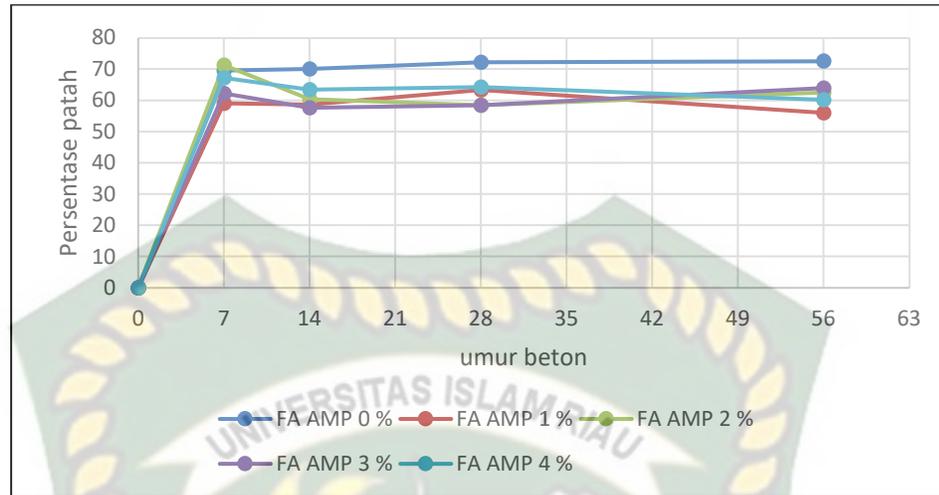
Gambar 5.9 Grafik Material Lepas pada uji kuat Tekan menurut umur beton

Dari gambar 5.9 menerangkan bahwa beton normal memiliki persentase lepas lebih dominan dibandingkan beton dengan penambahan *Fly ash* lainnya dan yang lebih sedikit lepasnya pada beton normal atau tanpa penambahan *Fly ash*. Pada umur beton rendah cenderung terjadi material lepas dari pasta semen terhadap agregate kasar karena pengikatan pasat semen belum sempurna.

5.5.2 Material patah dan lepas *Fly ash AMP* pada uji kuat lentur

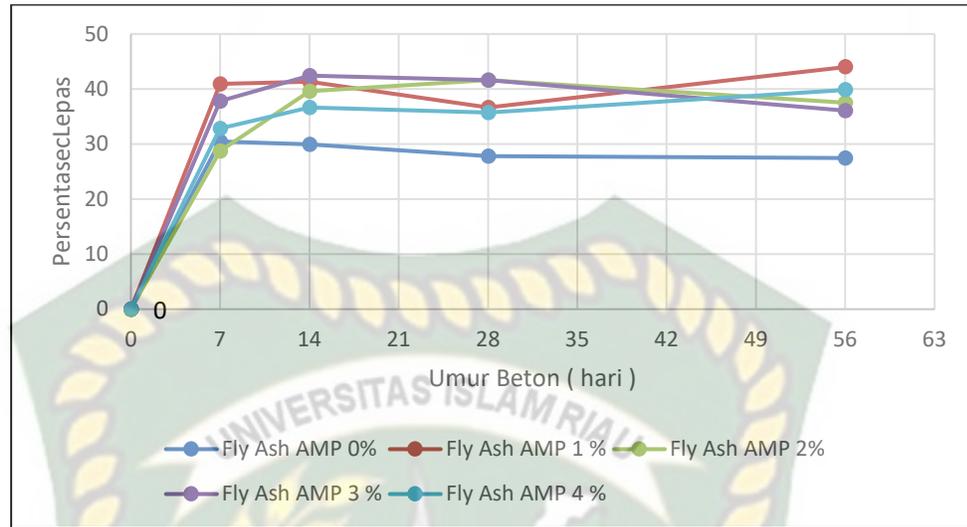
Material patah dan lepas *Fly ash AMP* pada uji kuat lentur dengan penambahannya 0 %, 1%, 2%, 3% dan 4 %, dimana tabel perhitungannya dapat lihat pada Lampiran D tabel 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 dan 5.23

Berdasarkan perhitungan persentase agregate patah uji kuat lentur dilihat pada gambar 5.10 dengan 3 benda uji dengan nilai rata-rata



Gambar 5.10 Grafik Material Patah pada uji kuat lentur menurut umur beton. Dari gambar 5.10 menerangkan umur beton rendah material patah hasil uji kuat lentur cenderung persentasenya tinggi dan tidak terlalu besar perbedaannya terhadap terhadap semua penambahan *Fly ash AMP* sampai umur beton 28 hari, patah bertambah banyak karena adanya peningkatan ikatan pasta semen terhadap Agregat kasar dan pada beton normal material patahnya lebih banyak dari pada penambahan *Fly ash AMP*.

Berdasarkan perhitungan persentase agregate kasar lepas uji kuat lentur dilihat pada gambar 5.11 dengan 3 benda uji dengan nilai rata-rata.



Gambar 5.11. Grafik material Lepas pada uji kuat lentur menurut umur beton

Dari gambar 5.11. menerangkan bahwa umur beton rendah material lepas hasil uji kuat lentur cenderung naik dan tidak terlalu besar perbedaannya terhadap semua penambahan *Fly ash AMP* sampai umur beton 28 hari, lepas menurun karena adanya peningkatan ikatan pasta semen terhadap agregate dan pada beton normal material lepasnya lebih banyak dari pada penambahan *Fly ash AMP*.

5.5.3 Material patah dan lepas *Fly ash* Batu bara pada uji kuat tekan

Material patah dan lepas *Fly ash batu bara* pada uji kuat tekan dengan penambahannya 0 %, 1%, 2%, 3% dan 4 %, dimana tabel perhitungannya dapat lihat pada Lampiran D tabel 5.24, 5.25, 5.26, 27 dan 5.28

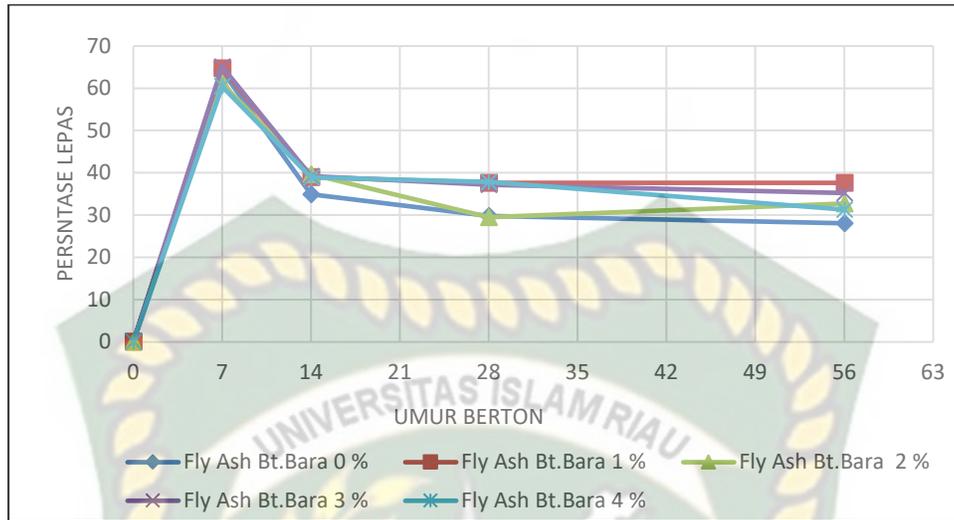
Berdasarkan perhitungan persentase agregate patah uji kuat tekan dengan 3 benda uji dengan nilai rata-rata dilihat pada gambar 5.12 berikut ini



Gambar 5.12 Grafik Material Patah pada uji kuat tekan menurut umur beton

Pada gambar 5.12 menerangkan bahwa beton umur rendah material patah hasil uji kuat tekan cenderung sedikit dan tidak terlalu besar perbedaannya terhadap semua penambahan *Fly ash* Batu bara. Dapat dilihat bahwa persentase material patah lebih banyak dengan bertambahnya umur beton sampai umur 28 hari masih terjadi kenaikan sampai umur 56 hari, material patah bertambah banyak karena adanya peningkatan ikatan pasta semen terhadap agregate dan pada beton normal material patahnya lebih banyak dari pada penambahan *Fly ash* Batu bara

Berdasarkan perhitungan persentase agregate lepas uji kuat tekan dilihat pada gambar berikut ini :



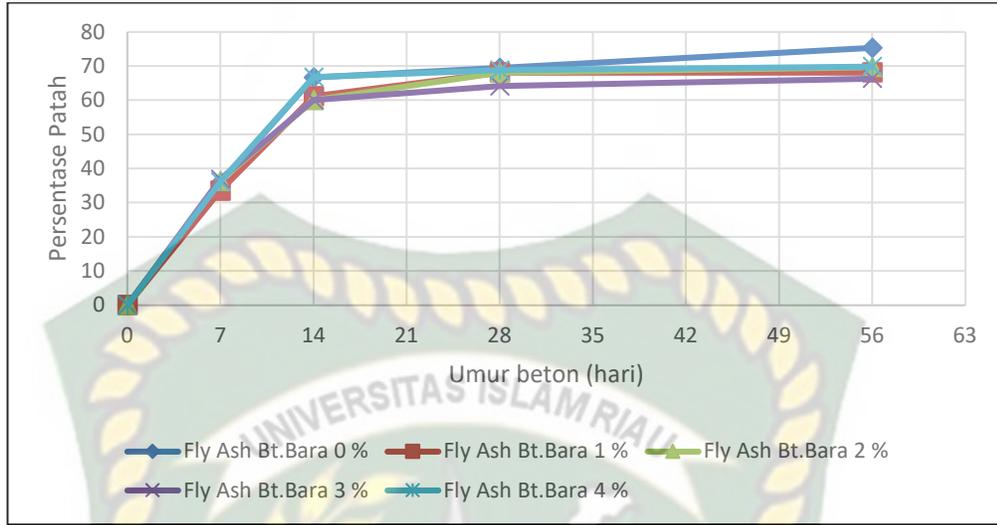
Gambar 5.13 Grafik material lepas pada uji kuat tekan menurut umur beton

Pada gambar 5.13 menerangkan bahwa beton umur rendah material lepas hasil uji kuat tekan cenderung banyak dan tidak terlalu besar perbedaannya terhadap semua penambahan *Fly ash* Batu bara. Dapat dilihat bahwa persentase material lepas lebih sedikit dengan bertambahnya umur beton sampai umur 28 hari masih terjadi kenaikan sampai umur 56 hari, material lepas persentasenya menurun karena adanya peningkatan ikatan pasta semen terhadap aggregate. Pada beton normal material lepasnya lebih banyak dari pada penambahan *Fly ash*.

5.5.4 Material lepas dan patah uji lentur *Fly ash* Batu bara

Material patah dan lepas *Fly ash* batu bara pada uji kuat lentur dengan penambahannya 0 %, 1%, 2%, 3% dan 4 %, dimana tabel perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran D tabel 5.29, 5.30, 5.31, 5.32 dan 5.33.

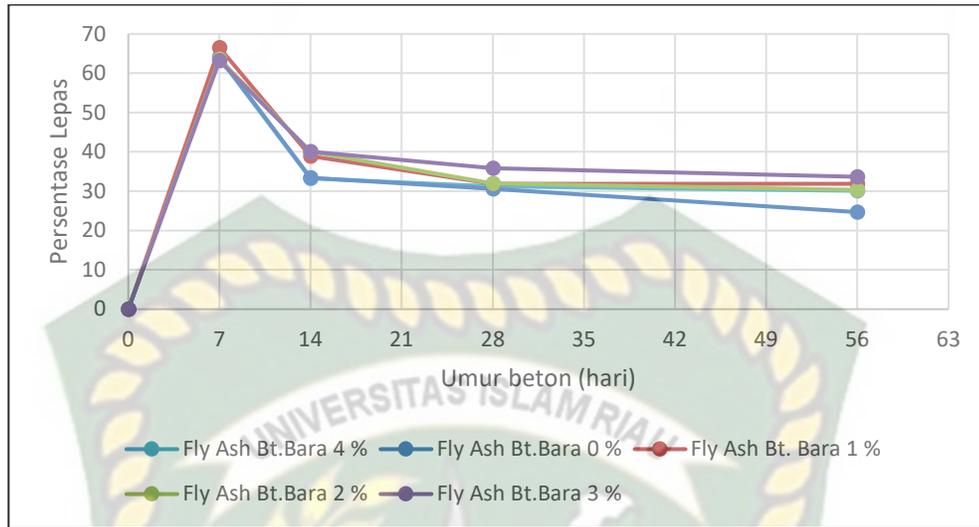
Berdasarkan perhitungan persentase agregate patah uji kuat lentur dengan benda 3 dengan nilai rata-rata dapat dilihat pada gambar 5.14.



Gambar 5.14 Grafik material patah pada uji kuat lentur menurut umur beton

Dari Gambar 5.14 menerangkan bahwa hasil uji kuat lentur material patah untuk beton umur rendah cenderung lebih sedikit dari material lepas baik beton normal maupun pada penambahan masing – masing *Fly ash* dan perbedaannya tidak terlalu besar sampai umur 28 hari perubahan terjadi yaitu material patah cenderung lebih tinggi hingga umur 56 hari. Hal ini terjadi karena peningkatan pasta semen lebih kuat terhadap aggregate kasar. Pada pengujian lentur ini material patah lebih tinggi pada beton normal.

Berdasarkan perhitungan persentase aggregate lepas uji kuat lepas dilihat dengan benda 3 dengan nilai rata-rata pada gambar 5.15 berikut ini :



Gambar 5.15. Grafik material lepas pada uji kuat lentur menurut umur beton

Dari Gambar 5.15 pada hasil uji kuat lentur material lepas untuk beton umur rendah cenderung lebih banyak dari material patah baik beton normal maupun pada penambahan masing – masing *Fly ash* dan perbedaannya tidak terlalu besar sampai umur 28 hari perubahan terjadi yaitu material lepas cenderung lebih turun hingga umur 56 hari. Hal ini terjadi karena peningkatan pasta semen lebih kuat terhadap agregate kasar. Pada pengujian lentur ini material lepas lebih tinggi pada beton normal.

Dari persentase agregat kasar lepas dan patah terhadap sifat beton, dua hal agregat maupun lekatan yang saling mempengaruhi dalam hal umur 28 hari yang patah jadi banyak maka penentu kekuatannya dari patah, begitu juga penggunaan sumber Agregat kasar dan semen mempengaruhi terhadap material lepas dan patah. Agregat mutunya bagus akan meningkatkan mutu beton bukan saja kaitannya bahan

pengikatnya tapi juga agregatnya. Pada umur 7 hari ikatannya belum bagus maka untuk mempercepat pengerasan pentingnya bahan additif akan bisa meningkatkan percepatan.

5.6 Perbedaan signifikan penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara, terhadap kuat tekan dan lentur dari sumber *Fly ash* yang berbeda.

Berdasarkan pengujian dari dua sumber *Fly ash* yang berbeda yaitu *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara terdapat perbedaan yang signifikan antara lain :

1. Uji Kuat Tekan

Pada pengujian *Fly ash* AMP kuat tekannya cenderung turun setiap penambahan persentase *Fly ash* di tiap umur benda uji 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 56 hari semua dibawah kuat tekan beton normal namun pada uji kuat tekan *Fly ash* batu bara pada umur benda uji beton 28 dan 56 hari cenderung terjadi kenaikan pada setiap persentase penambahan *Fly ash* berbanding terbalik dengan kuat tekan *Fly ash* AMP.

2. Uji Kuat Lentur.

Pada hasil uji kuat lentur untuk *Fly ash* AMP cenderung terjadi penurunan pada setiap persentase penambahan *Fly ash* makin bertambah *Fly ash* makin terjadi penurunan pada setiap umur benda uji. Untuk kuat lentur *Fly ash* Batu bara pada umur benda uji 7, 14, 28 dan 56 hari cenderung terjadi kenaikan pada masing –masing penambahan *Fly ash* berbanding terbalik dengan kuat lentur *Fly ash* AMP.

5.7 Perbandingan antara hasil peneliti dengan peneliti sebelumnya

Dari hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, peneliti melakukan perbandingan hasil yang telah ada dengan penelitian Husnah dkk (2018) yang sama – sama menggunakan *Fly ash AMP* dengan persentase berbeda dan sumber *Fly ash* dari AMP PT.Vira Jaya. Adapun dari hasil perbandingan dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.13. Perbandingan hasil Kuat lentur *Fly ash AMP* peneliti dengan peneliti sebelumnya

Persentase <i>Fly ash</i> <i>AMP</i>	Hasil Penelitian		Husnah dkk 2018	
	Hari pengujian		Hari pengujian	
	7	28	7	28
Normal	4,85	5,54	3,42	3,73
1%	4,76	4,94	-	-
2%	4,73	4,75	-	-
3%	4,49	4,60	-	-
4%	4,35	4,45	-	-
5%	-	-	2,920	3,70
10%	-	-	2,677	3,20
15%	-	-	2,274	2,799

Dari tabel 5.13 dimana penelitian Husnah Dkk kuat lenturnya f_s 4,5 MPa dengan bahan *fly ash* AMP PT. Vira Jaya berlokasi jalan lintas Pekanbaru Bangkinang dan agregat kasar dari pangkalan koto baru Sumatera Barat dan menerangkan bahwa kuat uji lentur cenderung sama – sama turun pada penambahan *Fly ash*nya pada masing-masing umur benda uji dan tidak melebihi kuat lentur dari beton normal, pada peneliti sebelumnya terjadi penurunan kuat lenturnya dari penambahan persentase *Fly ash AMP* meskipun persentase *Fly ash* nya berbeda dari peneliti sebelumnya dan dibawah kuat lentur beton normal.

Pada penggunaan *Fly ash* batu bara hasil peneliti yang pernah dilakukan sebelumnya, melakukan perbandingan hasil yang telah ada dengan penelitian Alfian Hendri Umboh Dkk (2014) yang sama – sama menggunakan *Fly ash* Batu bara dengan persentase berbeda dan sumber *Fly ash* dari PLTU II Sulawesi utara. Adapun dari hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.14. Perbandingan Prosentase Kadar *Fly ash* Batu bara peneliti dengan peneliti sebelumnya

Persentase <i>Fly ash</i> Bt.Bara	Hasil Penelitian				Alfian hendri Umboh Dkk 2014			
	Hari pengujian				Hari pengujian			
	7	14	28	56	7	14	21	28
Normal	34,80	39,41	43,74	45,86	15,07	16,85	19,01	24,83
1%	34,22	38,26	40,09	38,45	-	-	-	-
2%	33,94	37,68	40,38	40,57	-	-	-	-
3%	33,74	36,53	40,76	41,53	-	-	-	-
4%	30,09	32,69	40,95	41,91	-	-	-	-
30%	-	-	-	-	14,18	14,20	16,41	24,18
40%	-	-	-	-	9,02	11,09	12,45	15,30
50%	-	-	-	-	7,09	7,64	9,13	12,28
60%	-	-	-	-	5,26	6,62	6,74	8,02
70%	-	-	-	-	3,65	4,39	4,66	4,79

Dari tabel 5.14 penelitian Alfian hendri Umboh Dkk menggunakan mutu beton 32 MPa dengan bahan *Fly ash* dari PLTU II Sulawesi Utara dan menerangkan bahwa hasil persentase terkait kadar *Fly ash* pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari cenderung naik kuat tekannya pada masing-masing penambahan *Fly ash* tetapi masih dibawah kuat tekan beton normal, sedangkan peneliti sebelumnya pada penambahan *Fly ash* cenderung naik pada masing – masing umur beton namun tetap dibawah beton norm



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil hasil uji dan pengamatan langsung yang sudah dikerjakan untuk mendapatkan hasil uji kuat tekan dan kuat lentur f_c 45 MPa untuk penggunaan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Uji kuat lentur

a. Uji kuat lentur *Fly ash* AMP

Kuat lentur dengan campuran *Fly ash* AMP pada variasi 1%, 2%, 3% dan 4% cenderung terjadi penurunan rata-rata sebesar pada 7 hari 0,27 MPa; 14 hari 0,40 MPa; 28 hari 0,86 MPa; 56 hari 1,10 MPa *Fly ash* di setiap umur benda uji beton normal lebih tinggi dari penambahan *Fly ash* AMP .

b. Uji kuat lentur *Fly ash* batu bara.

Untuk uji kuat lentur penambahan *Fly ash* batu bara sebagai bahan pada variasi 1%, 2%, 3% dan 4 % cenderung terjadi kenaikan rata-rata pada 7 hari 0,21 MPa; 14 hari 0,15 MPa; 28 hari 0,47 MPa; 56 hari 0,32 MPa MPa pada *Fly ash* namun tidak melebihi beton normal.

2. Uji kuat tekan.

a. Uji kuat tekan *Fly ash* AMP.

Pada uji kuat tekan penambahan *Fly ash* AMP karakteristiknya sama dengan uji kuat lentur yaitu terjadi penurunan rata-rata pada 7 hari 4,69 MPa; 14 hari

3,03 MPa; 28 hari 5,12 MPa; 56 hari 5,27 MPa pada setiap penambahan persentase *Fly ash*, semakin meningkat persentase penambahan *Fly ash* semakin turun nilai kuat tekannya pada setiap umur benda uji dan beton normal lebih tinggi.

b. Uji kuat tekan *Fly ash* batu bara

Pada umur benda uji beton 7 hari dan 14 hari terjadi penurunan pada setiap persentase penggunaan *Fly ash*. Pada umur benda uji beton 28 dan 56 hari cenderung terjadi kenaikan pada 7 hari 1,80 MPa; 14 hari 3,12 MPa; 28 hari 3,20 MPa; 56 hari 5,26 MPa. Setiap persentase penambahan *Fly ash* tetapi masih dibawah kuat tekan beton normal.

3. Hubungan hasil kuat uji lentur dan kuat uji tekan pada penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* Batu bara rata – rata lebih tinggi beton normal. Untuk *Fly ash* AMP konstanta paling tinggi hasil uji kuat tekan dan kuat lentur pada umur 7 hari pada *Fly ash* 3% dan yang rendah dibawah 0,75 umur 14 *Fly ash* 4 %, umur 28 *Fly ash* 3% dan 4 %, umur 56 hari pada *Fly ash* 2 %,3 % dan 4 %. Pada *Fly ash* Batu bara semua penambahan variasi persentase *Fly ash* pada setiap umur benda uji diatas 0,75 yang tertinggi pada penambahan *Fly ash* 4 % umur 7 hari.
4. Material lepas cenderung terjadi pada umur beton rendah, kemudian makin bertambah umur beton material patah semakin banyak. Dari semua benda uji mulai dari beton normal dan penambahan *Fly ash* ikatan pasta semen pada beton normal aggregate paling baik dibanding dengan penambahan *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara .

5. Untuk perbedaan perbandingan persentase material patah dan lepas antara *Fly ash* AMP dan *Fly ash* batu bara umur 28 dan 56 hari material lepas yang tertinggi pada penambahan *Fly ash* AMP pada penambahan *Fly ash* 3% dan 4 %. Dari dua jenis penambahan *Fly ash* tersebut rata – rata material patah lebih tinggi pada *Fly ash* Batu bara.

6.2. Saran

Menindak lanjuti penelitian ini perlu dilakukan beberapa koreksi agar penelitian-penelitian selanjutnya dapat lebih baik. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu dilaksanakan pengujian untuk menaikan nilai kuat tekan dan nilai kuat lentur pada penambahan bahan *Fly ash* untuk beton dengan menambahkan bahan additive sehingga melebihi kuat tekan dan lentur beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTMC 33/93 “Standard Specification for Concrete Aggregates. Annual Books of ASTM Standards ,USA, 2002.
- ASTMC 125–06. Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. Annual Books of ASTM Standards ,USA, 2002.
- ASTMC 150. *Standard Specification For Portland Cement*. Annual Books of ASTM Standards ,USA, 2002.
- ASTM C 494*. Dipohusodo, Istimawan. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama, 1996.
- Basharuddin, Kajian Korelasi Antara Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Beton pada Perkerasan Kaku, Universitas Islam Riau, 2017, Pekanbaru.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI). Jakarta : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1982.
- Husnah, Tisnawan, Setiyoko, Analisa Kuat Lentur Beton sebagai Bahan Pengganti Semen dengan Fly Ash (Limbah AMP), KNTSP II Universitas Islam Riau 17 Oktober 2018, hal. 146 -153
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Spesifikasi Teknis Bina Marga, Revisi 3. Jakarta: 2013
- Mindess, Sidney et al, “CONCRETE 2ND EDITION”. Pearson Education, Inc. USA : 2003.
- Mulyono, Tri. Teknologi Beton. Yogyakarta : Andi Publisher, 2004.
- Nawy. Edward, G. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung : Penerbit PT. Eresco, 1995.
- Nugraha, Paul dan Antoni. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta : Andi Publisher, 2007.
- Umboh A.H, Windah, R.S dan Sumajouv M.D.J, Pengaruh Pemanfaat Abu Terbang (Fly Ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Sipil Vol.2 No. 7 November 2014 hal. 352 -358.

- Tjokrodimuljo, 2007. Teknologi Beton. Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta
- Silvia Sukirman. PerencanaanTebal Struktur Perkerasan Lentur. Bandung : NOVA, 2010
- SKSNIT-15-1990. Departemen Pekerjaan Umum..“Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”.Jakarta. 1990.
- SKSNI-S-04-1989. Departemen Pekerjaan Umum. 1989. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (bahan bangunan bukan logam). Jakarta.1989.
- SKSNIT-15-1991-03.Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung. 1991
- SNI-1966 : 2008.Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- SNI-1969:2008.Cara uji berat jenis penyerapan air agregat kasar.Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- SNI-1970 : 2008. Cara ujiberat jenis dan penyerapan air agregat halus.Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 2008
- SNI-2417: 2008.Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 2008
- SNI03-2847-2002.tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Bandung, Badan Standardisasi Nasional, 2002.
- SNI-03-1974-1990.Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 1990.
- SNI 03-2460-1991.Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan Untuk Campuran Beton Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 1991.
- SNI 03-2495-1991. Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton. Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 1991
- SNI 03-2816-1992. Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran. Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 1992
- SNI-03-4804-1998.Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Lapangan.Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 1998
- SNI-03-4431-2011.Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 2011.

SNI 03-6817-2002. Metode Pengujian Mutu Air. Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 2002

SNI 03-6820-2002. Spesifikasi Agregat halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan bahan dasar Semen. Bandung :Badan Standardisasi Nasional, 2002

SNI 03-2816-1992. Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir. Bandung : Badan Standardisasi Nasional, 1998

Zulhendri, Kajian Perbandingan Penggunaan Berbagai Merek Semen Terhadap Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Perkerasan Kaku, Universitas Islam Riau, 2018. Pekanbaru

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

