

# TESIS

## PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

Diajukan Guna Melengkapi Syarat  
Dalam Mencapai Magister Teknik (M.T.)



**OLEH :**

**NAMA : RIDUAN**  
**NOMOR MAHASISWA : 183 122 012**  
**BIDANG KAJIAN UTAMA : GEOTEKNIK & JALAN RAYA**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

# PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

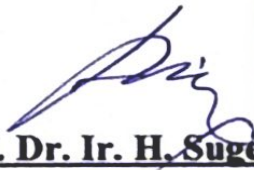
**RIDUAN**

NPM. 183 122 012

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 5 Februari 2021

Dewan Penguji :

Pembimbing Utama,



**Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT**

Penguji,



**Dr. Elizar, ST., MT**

Pembimbing Pendamping,



**Dr. Anas Puri, ST., MT**

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
Tanggal : .....



**Dr. Elizar, ST., MT**

Ketua Program Magister Teknik Sipil  
Universitas Islam Riau

# LEMBAR PENGESAHAN

## TESIS PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

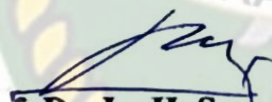
**RIDUAN**

NPM. 183 122 012

Program Studi : Teknik Sipil  
Bidang Kajian : Beton

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 5 Februari 2021  
Dan dinyatakan LULUS

**DEWAN PENGUJI :**  
Ketua Penguji,

  
**Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT**

Anggota Penguji I,



**Dr. Anas Puri, ST.,MT**

Anggota Penguji II,



**Dr. Elizar, ST.,MT**

Mengetahui

Direktur



Program Pascasarjana Universitas Islam Riau

  
**Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H.,M.Hum**

**SURAT KEPUTUSAN DIREKTUR PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

NOMOR : 781 /KPTS/PPS/2020

**TENTANG**

**PENUNJUKAN PEMBIMBING PENULISAN TESIS MAHASISWA  
PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

- yang :
1. Bahwa penulisan tesis merupakan tugas akhir dan salah satu syarat bagi mahasiswa dalam menyelesaikan studinya pada Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS – UIR.
  2. Bahwa dalam upaya meningkatkan mutu penulisan dan penyelesaian tesis, perlu ditunjuk pembimbing yang akan memberikan bimbingan kepada mahasiswa tersebut.
  3. Bahwa nama – nama dosen yang ditetapkan sebagai pembimbing dalam Surat Keputusan ini dipandang mampu dan mempunyai kewenangan akademik dalam melakukan pembimbingan yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.

- ingat :
1. Undang – Undang Nomor : 12 Tahun 2012 Tentang : Pendidikan Tinggi
  2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
  3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
  4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
  5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor : 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjamin Mutu Pendidikan
  6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor : 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
  7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
  8. Peraturan Universitas Islam Riau Tahun Nomor : 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

**MEMUTUSKAN**

- anjuk
1. Menunjuk

| No | Nama                                | Jabatan Fungsional | Bertugas Sebagai |
|----|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| 1  | Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT | Guru Besar         | Pembimbing I     |
| 2  | Dr. Anas Puri, ST., MT              | Lektor Kepala      | Pembimbing II    |

Untuk Penulisan Tesis Mahasiswa :

Nama : RIDUAN  
N P M : 183122012  
Program Studi : MAGISTER TEKNIK SIPIL  
Judul Proposal Tesis : PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

2. Tugas – tugas pembimbing adalah memberikan bimbingan kepada mahasiswa Program Magister (S2) Teknik Sipil dalam penulisan tesis.
  3. Dalam pelaksanaan bimbingan supaya diperhatikan usul dan saran dari forum seminar proposal dan ketentuan penulisan tesis sesuai dengan Buku Pedoman Program Magister (S2) Teknik Sipil.
  4. Kepada yang bersangkutan diberikan honorarium, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.
  5. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan segera ditinjau kembali.
- KUTIPAN** : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat diketahui dan diindahkan.

DITETAPKAN DI : PEKANBARU  
PADA TANGGAL : 23 Desember 2020

Direktur

**Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H., M.Hum**  
NIP. 195408081987011002

usan : disampaikan kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Islam Riau
2. Ketua Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS UIR



# PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Jalan KH. Nasution No. 113 Gedung B Pascasarjana Universitas Islam Riau  
Marpoyan Damai, Pekanbaru, Riau

## SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 172/A-UIR/5-PPs/2020

Program Pascasarjana Universitas Islam Riau menerangkan:

Nama : **RIDUAN**  
NPM : **183122012**  
Program Studi : **Magister Teknik Sipil**

Telah melalui proses pemeriksaan kemiripan karya ilmiah (tesis) menggunakan aplikasi *Turnitin* pada tanggal 29 Desember 2020 dan dinyatakan memenuhi syarat batas maksimal tingkat kemiripan tidak melebihi 30 % (tiga puluh persen).

Demikian surat keterangan bebas plagiat ini dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.



Mengetahui  
Ketua Prodi, Magister Ilmu Hukum

Dr. Elizar, S.T., M.T.

Pekanbaru, 29 Desember 2020  
Staf Pemeriksa

Indrian Syafitri, S.AP., M.Si.

Lampiran :

- Turnitin Originality Report
- Arsip Syafitri\_ind05

## Turnitin Originality Report

Processed on: 29-Dec-2020 17:07 +08  
 ID: 1481843195  
 Word Count: 26190  
 Submitted: 1

| Similarity Index | Similarity by Source   |
|------------------|--|
| 8%               | Internet Sources: 9%<br>Publications: 3%<br>Student Papers: 1% |

PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP  
 KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK  
 KONSTRUKSI JALAN By Riduan Riduan

2% match (Internet from 13-Oct-2020)

<http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=517252&title=KARAKTERISTIK+BETON+DENGAN+MENGUNAKAN+BERBAGAI+JENIS+SEMEN+CONCRETE+CHARACTERISTICS+USING>

1% match ( )

<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/8211>

1% match (Internet from 01-Dec-2019)

<https://edoc.pub/sni-4431-2011--pdf-free.html>

1% match (Internet from 01-Mar-2016)

<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/2467/2003>

1% match (Internet from 05-Mar-2020)

<http://eprints.itn.ac.id/191771/skripsi%20leonardo.pdf>

1% match (Internet from 24-Feb-2020)

<https://id.scribd.com/doc/291126253/Laporan-Tugas-Akhir-KoTA-106-Final>

1% match (Internet from 17-Nov-2020)

<https://docobook.com/kajian-kuat-tekan-beton-dengan-perbandingan-volume-dan.html>

1% match (Internet from 16-Dec-2018)

<https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jft/article/download/1723/1532>

1% match (Internet from 24-Dec-2018)

<https://eprints.uny.ac.id/61775/1/Laporan%20Tugas%20Akhir.pdf>

TESIS PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam Mencapai Derajat Magister Teknik Disusun Oleh : RIDUAN NPM : 183 122 012 Diajukan Kepada : PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU PEKANBARU 2020

DAFTAR ISI Halaman HALAMAN JUDUL ..... i HALAMAN PENGESAHAN ..... ii HALAMAN PERNYATAAN ..... iii KATA PENGANTAR ..... iv DAFTAR ISI ..... v DAFTAR TABEL ..... vi DAFTAR GAMBAR ..... vii DAFTAR LAMPIRAN ..... viii ABSTRAK ..... ix ABSTRACT ..... x

1.1 Latar Belakang ..... 1 1.2 Rumusan Masalah ..... 3 1.3 Tujuan Penelitian ..... 3 1.4 Manfaat Penelitian ..... 3 1.5 Batasan Masalah ..... 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 2.1 Umum ..... 2.2 Penelitian Terdahulu ..... 2.2.1 Percobaan Rahmani dan Gazali (2019) ..... 2.2.2 Percobaan Sardjoe dan Godinho (2018) ..... 2.2.3 Percobaan Harahap dan Hariyanto (2013) ..... 2.2.4 Percobaan Wallah, dkk. (2013) ..... 2.2.5 Percobaan Lasino, dkk. (2017) ..... 2.3 Keaslian Penelitian ..... BAB III LANDASAN TEORI ..... 3.4.1 Semen Portland ..... 3.4.2 Agregat Kasar ..... 3.4.3 Agregat Halus ..... 3.4.4 Air ..... 3.4.5 Bahan Tambah ..... 3.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton dan Kuat Lentur Beton ..... 5 5.5 5.6 7 8 10 12 13 15 15 17 21 22 23 25 26 27 28

BAB IV BAB V 3.6 Interface Antar Agregat ..... 3.7 Perencanaan dan Penakaran Beton ..... 3.8 Hipotesis ..... METODE PENELITIAN ..... 4.1 Umum ..... 4.2 Lokasi Penelitian ..... 4.3 Bahan ..... 4.4 Peralatan ..... 4.5 Tahapan Penelitian ..... 4.6 Populasi dan Sampel ..... 4.7 Rancangan Campuran ..... 4.8 Metoda Pengujian ..... HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 5.1 Hasil Pemeriksaan Material ..... 5.1.1 Agregat Kasar ..... 5.1.2 Agregat Halus ..... 5.2 Hasil dan Analisa kelecekan (workability) ..... 5.2.1 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar 250C±1 ..... 5.2.2 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar 350C±1 ..... 5.2.3 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar 450C±1 ..... 5.2.4 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar 600C±1 ..... 5.2.5 Analisa Nilai Slump ..... 34 35 36 37 37 39 39 39 40 47 47 49 52 52 52 54 54 55 56 58 60 61

5.3 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Lentur Beton ..... 5.3.1 Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar 250C±1 ..... 5.3.2 Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar 350C±1 ..... 5.3.3 Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar 450C±1 ..... 5.3.4 Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar 600C±1 ..... 5.3.5 Analisa Kuat Lentur Beton ..... 5.4 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton ..... 5.4.1 Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar 250C±1 ..... 5.4.2 Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar 350C±1 ..... 5.4.3 Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar 450C±1 ..... 5.4.4 Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar 600C±1 ..... 5.4.5 Analisa Kuat Tekan Beton ..... 5.6 Pengaruh Suhu Agregat Terhadap Mutu Beton ..... BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN ..... 6.1 Kesimpulan ..... 6.2 Saran

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, Februari 2021



METERAI  
TEMPEL

D942AJX012871400

RIDUAN

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji Bagi Allah Tuhan Penguasa Alam, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulisan tesis dengan judul Pengaruh Suhu Agregat Kasar Terhadap Kekuatan Beton Mutu Sedang Untuk Konstruksi Jalan ini dapat disusun dan terselesaikan untuk memenuhi persyaratan Magister Teknik di Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu agregat kasar dapat mempengaruhi kekuatan mutu beton yang ditinjau terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) beton berdasarkan SNI 4431:2011 dan SNI 1974:2011.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tesis ini sangat jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat mengharapkan saran yang berguna untuk penyempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Segala kritik dan saran membangun dari para penelaah sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyempurnaan penulisan tesis ini.

Pekanbaru, Februari 2021

**RIDUAN**  
NPM.183 122 012

## UCAPAN TERIMAKASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji Bagi Allah Tuhan Penguasa Alam, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia Nya sehingga penulisan tesis ini dapat disusun dan terselesaikan untuk memenuhi persyaratan Magister Teknik di Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Dalam pelaksanaan penulisan tesis ini penulis telah banyak memperoleh arahan, bimbingan dan bantuan dari komisi pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sangat tulus kepada Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT** sebagai pembimbing utama dan kepada Bapak **Dr. Anas Puri, ST.,MT** sebagai pembimbing pendamping.

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

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH, MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau;
2. Bapak Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H.,M.Hum, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau;
3. Ibu Dr. Elizar, ST.,MT, selaku Ketua Prodi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus anggota penguji II yang telah memberikan arahan dan masukan untuk penyempurnaan penyusunan tesis ini;

4. Bapak Prof. Dr. Ir. H.Sugeng Wiyono, MMT, selaku Guru Besar Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus Pembimbing I dan ketua penguji yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini;
5. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, selaku Dosen Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus Pembimbing II dan anggota penguji I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini;
6. Bapak/Ibu Dosen beserta staff di lingkungan Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pak Mastur yang telah banyak membantu dalam hal administrasi;
7. Kedua orang tua, Ibunda Rosnayati dan Ayahanda Amzar, beserta istri R.Harianti Oktavia, Ananda Alexander Dimitri Riduan dan Zivana Azzahra Riduan yang selalu mendoakan, dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini;
8. Kawan-kawan angkatan 2019 Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Bapak Khairil Anwar, ST, Bapak Ronald Porwadi, ST, dan Bapak Muhammar Faisal, ST yang telah banyak membantu selama perkuliahan berlangsung;

9. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian ucapan terimakasih ini disampaikan. Dengan segala kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekhilafan, keterbatasan serta kekurangan dalam penulisan tesis ini.

Pekanbaru, Februari 2021

RIDUAN



## DAFTAR ISI

|                                      | Halaman   |
|--------------------------------------|-----------|
| KATA PENGANTAR .....                 | i         |
| UCAPAN TERIMAKASIH .....             | ii        |
| DAFTAR ISI .....                     | v         |
| DAFTAR TABEL .....                   | viii      |
| DAFTAR GAMBAR .....                  | x         |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....    | xiii      |
| ABSTRAK .....                        | xiv       |
| ABSTRACT .....                       | xv        |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>       | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....             | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah .....            | 3         |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....          | 3         |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....         | 4         |
| 1.5 Batasan Masalah .....            | 4         |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b> | <b>6</b>  |
| 2.1 Umum .....                       | 6         |
| 2.2 Penelitian Terdahulu .....       | 6         |
| 2.3 Keaslian Penelitian .....        | 14        |
| <b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1 Umum .....                       | 15        |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 3.2           | Kondisi Tempat Kerja dan Suhu .....                                      | 17        |
| 3.3           | Mutu Beton .....   | 18        |
| 3.4           | Bahan Penyusun Beton .....   | 22        |
| 3.4.1         | Semen Portland .....   | 23        |
| 3.4.2         | Agregat Kasar .....  | 24        |
| 3.4.3         | Agregat Halus .....  | 26        |
| 3.4.4         | Air .....  | 27        |
| 3.4.5         | Bahan Tambah .....   | 28        |
| 3.5           | Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton dan<br>Kuat Lentur Beton ..... | 29        |
| 3.6           | Perencanaan dan Penakaran Beton .....                                    | 32        |
| 3.6.1         | Pengujian Kuat Tekan Beton .....   | 33        |
| 3.6.2         | Pengujian Kuat Lentur Beton .....  | 33        |
| 3.7           | Interface Antar Agregat .....  | 36        |
| <b>BAB IV</b> | <b>METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>37</b> |
| 4.1           | Umum .....   | 37        |
| 4.2           | Lokasi Penelitian .....  | 37        |
| 4.3           | Bahan .....  | 38        |
| 4.4           | Peralatan .....  | 39        |
| 4.5           | Tahapan Penelitian .....   | 40        |
| 4.6           | Populasi dan Sampel .....  | 48        |
| 4.7           | Rancangan Campuran .....   | 48        |

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
| 4.8           | Metoda Pengujian .....   | 49         |
| 4.9           | Hipotesis .....  | 50         |
| <b>BAB V</b>  | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>  | <b>51</b>  |
| 5.1           | Pengamatan Suhu Agregat Kasar di Lapangan .....  | 51         |
| 5.2           | Hasil Pemeriksaan Material .....   | 53         |
| 5.2.1         | Agregat Kasar .....  | 54         |
| 5.2.2         | Agregat Halus .....  | 55         |
| 5.3           | Hasil dan Analisa Nilai Slump .....  | 56         |
| 5.4           | Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Lentur Beton .....                                    | 64         |
| 5.5           | Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton .....                                     | 77         |
| 5.6           | Hubungan Slump Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tekan.....                                | 90         |
| 5.6.1         | Hubungan Slump Terhadap Kuat Lentur Pada Umur Beton<br>56 (lima Puluh Enam ) Hari..... | 90         |
| 5.6.2         | Hubungan Slump Terhadap Kuat Tekan Pada Umur Beton<br>56 (lima Puluh Enam ) Hari.....  | 94         |
| 5.7           | Pengaruh Suhu Agregat Terhadap Mutu Beton .....  | 97         |
| <b>BAB VI</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  | <b>100</b> |
| 6.1           | Kesimpulan .....   | 100        |
| 6.2           | Saran .....  | 102        |

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

|           |  | Halaman |
|-----------|--|---------|
| Tabel 3.1 | Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku. ...  | 16      |
| Tabel 3.2 | Data suhu udara rata-rata di Kabupaten Indragiri Hulu tahun 2015 s.d 2019.....   | 17      |
| Tabel 3.3 | Ketentuan Gradasi Agregat .....  | 25      |
| Tabel 3.4 | Ketentuan Mutu Agregat .....   | 26      |
| Tabel 3.5 | Ketentuan Gradasi Agregat .....  | 27      |
| Tabel 4.1 | Rancangan campuran penelitian suhu agregat kasar $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ ..... | 49      |
| Tabel 5.1 | Pengamatan Suhu Lingkungan dan Suhu Agregat kasar di Lapangan .....  | 51      |
| Tabel 5.2 | Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar .....  | 54      |
| Tabel 5.3 | Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar .....  | 55      |
| Tabel 5.4 | Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus .....  | 56      |
| Tabel 5.5 | Nilai Slump Suhu Agregat Kasar .....   | 61      |
| Tabel 5.6 | Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 64      |
| Tabel 5.7 | Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 66      |
| Tabel 5.8 | Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 69      |
| Tabel 5.9 | Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 71      |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 5.10 | Hasil Pengujian Nilai Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ ..... | 74 |
| Tabel 5.11 | Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....   | 77 |
| Tabel 5.12 | Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....   | 79 |
| Tabel 5.13 | Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....   | 82 |
| Tabel 5.14 | Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....   | 84 |
| Tabel 5.15 | Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....  | 87 |
| Tabel 5.16 | Hubungan Slump dan Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Terhadap Suhu Agregat Kasar .....  | 91 |
| Tabel 5.17 | Hubungan Slump dan Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Terhadap Suhu Agregat Kasar .....   | 94 |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 3.1 Faktor Air Semen.....   | 30      |
| Gambar 4.1 Peta lokasi PT.Inti Indokomp .....  | 37      |
| Gambar 4.2 Peta lokasi Dinas Pekerjaan Umum Kab.Inhu .....   | 38      |
| Gambar 4.3 Kondisi agregat kasar yang terkena panas matahari .....   | 42      |
| Gambar 4.4 Pengecekan suhu agregat kasar dilapangan terbuka .....  | 42      |
| Gambar 4.5 Cara pemanasan suhu agregat kasar kasar $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 43      |
| Gambar 4.6 Pengecekan suhu agregat kasar $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 43      |
| Gambar 4.7 Pengecekan suhu agregat kasar $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 44      |
| Gambar 4.8 Pengecekan suhu agregat kasar $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 44      |
| Gambar 4.9 Pengecekan suhu agregat kasar $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 44      |
| Gambar 4.10 Bagan Alir (Flow Chart) Penelitian<br>suhu agregat kasar $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ ..... | 47      |
| Gambar 5.1 Material Agregat Kasar di Lapangan .....  | 52      |
| Gambar 5.2 Suhu Temperatur Agregat Kasar di Lapangan.....  | 53      |
| Gambar 5.3 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ .....   | 57      |
| Gambar 5.4 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ .....   | 58      |
| Gambar 5.5 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ .....   | 59      |
| Gambar 5.6 Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ .....   | 60      |
| Gambar 5.7 Grafik Nilai Slump Suhu Agregat Kasar.....  | 62      |
| Gambar 5.8 Bidang Patah dan Lepas Agregat Kasar Pada<br>Sampel Beton.....  | 63      |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 5.9  | Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 65 |
| Gambar 5.10 | Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ .....  | 66 |
| Gambar 5.11 | Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 67 |
| Gambar 5.12 | Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ .....  | 68 |
| Gambar 5.13 | Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 69 |
| Gambar 5.14 | Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ .....  | 70 |
| Gambar 5.15 | Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....   | 72 |
| Gambar 5.16 | Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ .....  | 73 |
| Gambar 5.17 | Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ ..... | 75 |
| Gambar 5.18 | Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....  | 78 |
| Gambar 5.19 | Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ .....   | 79 |
| Gambar 5.20 | Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....  | 80 |
| Gambar 5.21 | Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ .....   | 81 |
| Gambar 5.22 | Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .....  | 82 |
| Gambar 5.23 | Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ .....   | 83 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 5.24 Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ .....  | 85  |
| Gambar 5.25 Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ .....  | 86  |
| Gambar 5.26 Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ ..... | 88  |
| Gambar 5.27 Grafik Hubungan Slump dan Kuat Lentur ( $f_s'$ ).....   | 92  |
| Gambar 5.28 Grafik Hubungan Slump dan Kuat Tekan ( $f_c'$ ).....  | 95  |
| Gambar 6.1 Agregat yang tidak dilindungi sebelum pemakaian pengecoran.....  | 102 |
| Gambar 6.2 Agregat yang dilindungi sebelum pemakaian pengecoran.....  | 103 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



|            |   |
|------------|---|
| $f_c'$     | = Kuat tekan beton (MPa)  |
| $P$        | = Berat beban Maksimum (N)                                      |
| $A$        | = Luas permukaan benda uji ( $\text{mm}^2$ )                    |
| $\sigma_l$ | = Kuat lentur benda uji (Mpa)                                   |
| $P$        | = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji                   |
| $L$        | = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)              |
| $b$        | = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)              |
| $h$        | = adalah lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)         |
| $a$        | = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar |

## ABSTRAK

### PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

Oleh :  
Riduan  
NPM : 183 122 012

Konstruksi jalan *rigid pavement* digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain material mudah didapat, sehingga mutu konstruksi yang didesain bisa terpenuhi dengan baik. Namun demikian penggunaan konstruksi beton pada *rigid pavement* ini selama waktu pelaksanaan pekerjaan harus memperhatikan baik itu dari komposisi material campuran mutu beton yang didesain, kondisi tempat kerja maupun perawatan suhu lingkungan terhadap beton selama pengecoran berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu agregat kasar dapat mempengaruhi kekuatan mutu beton, dimana terhadap pengamatan langsung di lapangan antara suhu lingkungan dan suhu agregat kasar yang terpapar matahari dijumpai suhu material agregat kasar tersebut bisa mencapai  $58,85^{\circ}\text{C}$  pada saat suhu lingkungan pada siang hari berada pada  $33^{\circ}\text{C}$ .

Dalam penelitian ini menggunakan material agregat kasar pada suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada campuran beton. Dimana agregat kasar tersebut merupakan komponen terbesar dalam penyusunan komposisi beton dan ditinjau terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) beton berdasarkan SNI 4431:2011, dan SNI 1974:2011, dengan melakukan pengujian *eksperimental* di laboratorium menggunakan komposisi beton mutu  $f_c' 4,5 \text{ Mpa}$  / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan terhadap campuran beton mengakibatkan terjadinya perubahan faktor air semen (FAS) dari rencana awal *Design Mix Formula* (DMF) sehingga menyebabkan nilai slump menjadi rendah. Agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  nilai slump 7 cm, suhu  $35^{\circ}\text{C}$  nilai slump 5 cm, suhu  $45^{\circ}\text{C}$  nilai slump 2 cm, dan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  nilai slump 0 cm. Semakin rendah nilai slump menyebabkan mutu beton menjadi tinggi, namun apabila nilai slump  $< 2,5 \text{ Cm}$  akan menyebabkan penurunan mutu beton akibat adukan beton sulit untuk dipadatkan.

**Kata kunci : Suhu, agregat, FAS, Slump, Lentur, Tekan.**

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF COARSE AGGREGATE TEMPERATURE ON MEDIUM QUALITY CONCRETE STRENGTH FOR ROAD CONSTRUCTION

By :  
Riduan  
NPM : 183 122 012

Rigid pavement road construction were used because of some of the advantages, among others, material is readily available, so that the quality of designed construction can be met properly. However, the use of concrete construction in this rigid pavement during the work implementation time must pay attention to both the composition of the designed concrete quality mixture, the conditions of the workplace and the environmental temperature treatment of the concrete during casting. The study is aimed at seeing how an effect of coarse aggregate temperatures can effect the strength of concrete, which takes direct observations in the field between environmental temperature and the temperature of coarse aggregate exposed to the sun, the temperature of coarse a aggregate material can reach 58,85<sup>0</sup>C when the temperature of the environmental at noon is at 33<sup>0</sup>C.

In this study using coarse aggregate material at a temperature of 25<sup>0</sup>C ± 1, a temperature of 35<sup>0</sup>C ± 1, a temperature of 45<sup>0</sup>C ± 1, and 60<sup>0</sup>C ± 1 in the concrete mixture. Where the coarse aggregate is the largest component in the composition of the concrete and in terms of the flexural strength (*f<sub>s</sub>'*) and compressive strength (*f<sub>s</sub>'*) of concrete based on SNI 4431: 2011, and SNI 1974: 2011, by conducting experimental tests in the laboratory using the composition concrete quality of *f<sub>s</sub>* 4.5 Mpa / medium quality concrete (20 ≤ *f<sub>c</sub>'* < 45 Mpa).

Research results showed that the higher the temperature of the coarse aggregate used in the concrete mixture resulted in a change in the cement water factor (FAS) from the original Design Mix Formula (DMF) plan, causing the slump value to be low. Coarse aggregate with a temperature of 25<sup>0</sup>C with a slump value of 7 cm, a temperature of 35<sup>0</sup>C with a slump value of 5 cm, a temperature of 45<sup>0</sup>C with a slump value of 2 cm, and a temperature of 60<sup>0</sup>C with a slump value of 0 cm. The lower slump value causes the quality of the concrete to be high, but if the slump value is < 2,5 cm it will cause a decrease in the quality of the concrete due to the difficulty of compacting the concrete.

**Key words: Temperature, aggregate, FAS, Slump, Flexural, Compressive.**

# BAB.I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan jaringan jalan merupakan salah satu upaya Pemerintah dalam mendukung pencapaian sasaran pembangunan Jalan Nasional dan Daerah. Pembangunan infrastruktur jaringan jalan yang menggunakan beton khususnya pekerjaan konstruksi jalan *rigid pavement* sangat berkembang pesat saat ini. Namun konstruksi jalan *rigid pavement* sekarang ini lebih sering digunakan untuk tanah dasar bukan tanah rawa maupun tanah gambut dari pada konstruksi jalan *flexible pavement* karena, perkerasan kaku yang ditempatkan diatas tanah lunak dapat mengalami penurunan terutama *differential settlement* yang dapat mengakibatkan tidak rataanya permukaan jalan, bahkan patahnya perkerasan pada sambungan dan bagian lainnya (Puri, 2019:14).

Konstruksi jalan *rigid pavement* lebih sering digunakan karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain material mudah didapat, sehingga mutu konstruksi yang di design bisa terpenuhi dengan baik. Beton merupakan campuran antara semen hidrolis atau semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan sehingga membentuk massa padat. Namun demikian penggunaan konstruksi beton pada *rigid pavement* ini selama waktu pelaksanaan pekerjaan harus memperhatikan baik itu dari komposisi material campuran mutu beton yang didesign, kondisi tempat kerja maupun perawatan suhu lingkungan terhadap beton selama

pengecoran berlangsung. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Japura Indragiri Hulu, suhu udara maksimum di Kabupaten Indragiri Hulu mencapai  $32,5^{\circ}\text{C}$  dan suhu udara minimum mencapai  $21,6^{\circ}\text{C}$ , dan untuk suhu rata-rata yang di peroleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Japura Indragiri Hulu Propinsi Riau selama 5 tahun terakhir mencapai  $28^{\circ}\text{C}$  ( Data BMKG, 2 Maret 2020), sehingga untuk kondisi tempat kerja harus diperhatikan temperatur suhu lingkungan terhadap material seperti agregat kasar disaat terpapar panas sebelum digunakan untuk pengecoran beton di lapangan, untuk menjaga mutu beton pada saat pelaksanaan konstruksi jalan yang menggunakan beton mutu sedang tersebut bisa terpenuhi sesuai dengan spesifikasi design yang di inginkan.

Dengan panasnya suhu udara di Kabupaten Indragiri Hulu yang bisa mencapai  $32,5^{\circ}\text{C}$ , akan menyebabkan terjadinya perubahan faktor air semen (FAS) akibat agregat kasar yang terpapar panas di lapangan, dimana agregat kasar merupakan komponen terbesar dalam penyusun komposisi beton, dalam hal ini terjadinya penguapan air akibat panas agregat kasar tersebut dalam proses produksi beton di lapangan. FAS merupakan faktor utama dalam menentukan mutu beton, namun tidak berdiri sendiri, gradasi agregat, keausan agregat, pemakaian bahan tambah juga mempengaruhi mutu beton (Wiyono, 2020:11).

Berdasarkan permasalahan suhu lingkungan terhadap material seperti agregat kasar, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu agregat kasar terhadap kekuatan mutu beton yang ditinjau terhadap nilai kuat lentur maupun nilai kuat tekan beton dengan melakukan pengujian *eksperimental* di laboratorium.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh suhu agregat kasar di bawah  $30^{\circ}\text{C}$  terhadap hasil pengujian kuat tekan maupun kuat lentur beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45\text{Mpa}$ ).
2. Bagaimana pengaruh suhu agregat kasar di atas  $30^{\circ}\text{C}$  terhadap hasil pengujian kuat tekan maupun kuat lentur beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45\text{Mpa}$ ).

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas untuk dapat mengetahui hal-hal sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui hasil uji kuat tekan dan uji kuat lentur beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45\text{Mpa}$ ) pada suhu agregat kasar di bawah  $30^{\circ}\text{C}$  yang digunakan sebagai acuan pembanding terhadap suhu agregat kasar di atas  $30^{\circ}\text{C}$ .

2. Untuk mengetahui suhu agregat kasar dapat mempengaruhi terhadap hasil uji kuat tekan dan uji kuat lentur beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) pada saat pelaksanaan pengecoran di lapangan dengan suhu agregat kasar tersebut lebih dari  $30^{\circ}\text{C}$ .

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai tambahan wawasan perihal pengaruh suhu agregat kasar terhadap kekuatan beton mutu sedang untuk konstruksi jalan khususnya terhadap kekuatan beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) akibat suhu material agregat kasar lebih dari  $30^{\circ}\text{C}$  pada saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan, sehingga dapat mengetahui perbedaan kekuatan mutu beton tersebut, apakah beton tersebut mengalami penurunan mutu yang berkaitan dengan batas toleransi penurunan mutu beton yang diizinkan akibat suhu agregat kasar yang berbeda pada saat pencampuran material dalam mengontrol persyaratan minimum beton yang diizinkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga yang berlaku.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Dalam Penelitian ini permasalahan dibatasi sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini untuk pengaruh suhu seperti semen, agregat halus, dan air serta kondisi material saat pencampuran tidak ditinjau.

2. Semen yang digunakan jenis Portland Composite Cement (PCC), Semen Padang Type I, SNI 7064:2014.
3. Penelitian ini tidak mengkaji tentang aspek kimia yang terkandung dalam air maupun semen yang digunakan dalam komposisi beton mutu *f<sub>s</sub>* 4,5 Mpa.
4. Penelitian ini tidak mengkaji pengaruh suhu agregat terhadap struktur mikro beton.
5. Dalam penelitian ini pengaruh suhu agregat kasar terhadap waktu *setting* tidak ditinjau.
6. Penelitian ini melaksanakan pengujian *eksperimental* di laboratorium dengan prosedur standar.

## **BAB.II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Penelitian mengenai pengaruh suhu terhadap mutu beton telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu seperti Rahmani dan Gazali (2019), Sardjoe dan Godinho (2018), Harahap dan Hariyanto (2013), dan lainnya. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan literatur yang berupa studi kepustakaan, jurnal dan laporan penelitian yang pernah ditulis oleh para ahli yang berkaitan dengan suhu terhadap mutu beton.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Banyaknya penelitian terdahulu mengenai pengaruh suhu yang berkaitan dengan mutu beton yang dihasilkan, baik itu penelitian dari suhu material penyusun beton seperti agregat, air, dan semen, maupun penelitian suhu terhadap beton itu sendiri. Berikut hasil beberapa penelitian mengenai suhu terhadap mutu beton yang dihasilkan, antara lain :

1. Rahmani dan Gazali,(2019) telah melakukan penelitian mengenai Pengaruh Suhu Bahan Campuran Terhadap Sifat dan Mutu Beton Dalam Pelaksanaan Drainase Jalan pada Daerah Terpencil di Provinsi Kalimantan Selatan. Tujuan penelitian untuk mengetahui variasi perlakuan meterial terlindung untuk kerikil 30<sup>0</sup>C, pasir 31<sup>0</sup>C, semen 29<sup>0</sup>C, air 30<sup>0</sup>C dan untuk variasi perlakuan meterial dipanaskan untuk kerikil 40<sup>0</sup>C, pasir 41<sup>0</sup>C, semen 33<sup>0</sup>C, air 35<sup>0</sup>C

terhadap mutu beton yang dihasilkan. Percobaan ini dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Perlakuan di laboratorium dikondisikan sama atau mendekati dengan kondisi keadaan di lapangan.

Sampel yang digunakan berbentuk kubus ukuran  $150 \times 150 \times 150$  mm dengan membuat 2 (dua) variasi sampel dengan mutu beton rencana yang sama K-225 dan berjumlah 20 buah sampel untuk tiap variasinya. Untuk variasi ke-1 perlakuan material terlindung untuk kerikil  $30^{\circ}\text{C}$ , pasir  $31^{\circ}\text{C}$ , semen  $29^{\circ}\text{C}$ , air  $30^{\circ}\text{C}$  dan untuk variasi ke-2 perlakuan material dipanaskan untuk kerikil  $40^{\circ}\text{C}$ , pasir  $41^{\circ}\text{C}$ , semen  $33^{\circ}\text{C}$ , air  $35^{\circ}\text{C}$ . Kedua variasi benda uji dilakukan pemeriksaan terhadap kekuatan tekan beton setelah umur sampel mencapai 28 hari.

Dari hasil pemeriksaan terhadap kuat tekan beton variasi ke-1 dengan temperatur adukan  $30^{\circ}\text{C}$  (material terlindung dari sinar matahari), didapat kuat tekan karakteristik rata-rata  $\sigma_{bm}$  337,30 kg/cm<sup>2</sup>. Dan untuk hasil pemeriksaan terhadap kuat tekan beton variasi Ke-2 dengan temperatur adukan  $40^{\circ}\text{C}$  (material tidak terlindung dari sinar matahari) didapat kuat tekan karakteristik rata-rata  $\sigma_{bm}$  331,32 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga dari hasil percobaan ditarik beberapa kesimpulan seperti, agregat yang bertemperatur tinggi akibat panas matahari akan mempengaruhi faktor air semen dalam adukan pasta semen, faktor air semen yang terganggu akibat temperatur tinggi pada agregat yang mengalami panas matahari mempengaruhi nilai slump dan kekurangan air pada pasta

semen mengakibatkan proses hidrasi semen tidak selesai berlangsung sehingga pengikatan semen terhadap agregat tidak terjadi secara optimal.

2. Sardjoe dan Godinho,(2018) telah melakukan penelitian mengenai Pengaruh Kenaikan Temperatur Terhadap Kualitas Beton. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penurunan kuat tekan mutu beton K.300 akibat proses kenaikan temperatur selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit pada umur beton 28 hari. Proses pendinginan dilakukan selama 24 jam dengan temperatur ruangan dan benda uji yang digunakan adalah beton berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm.

Dari hasil penelitian didapat kuat tekan beton dengan mutu K.300 sebelum dan sesudah kenaikan temperatur memiliki nilai 326,77 kg/cm<sup>2</sup> , pada saat kenaikan temperatur 15 menit terjadi penurunan sebesar 52,32 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 274,45 kg/cm<sup>2</sup>. Pada saat kenaikan temperatur 30 menit terjadi penurunan sebesar 91.63 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 235,14 kg/cm<sup>2</sup> , pada saat kenaikan temperatur 45 menit terjadi penurunan sebesar 102,85 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 223,92 kg/cm<sup>2</sup> dan pada saat kenaikan temperatur 60 menit terjadi penurunan sebesar 118,62 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 208,15 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga disimpulkan bahwa kenaikan temperatur memberi dampak yang lebih besar terhadap penurunan kuat tekan beton.

3. Harahap dan Hariyanto,(2013) telah melakukan penelitian mengenai Pengaruh Varian Suhu Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh suhu air campuran beton terhadap kuat tekan karakteristik beton dengan suhu pencampuran air  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $75^{\circ}\text{C}$ . Penelitian yang dilakukan adalah studi laboratorium tentang beton yang membahas pengaruh suhu air campuran beton terhadap kuat tekan karakteristik beton dengan suhu pencampuran air  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $75^{\circ}\text{C}$ . Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 Cm dan tinggi 30 Cm.
- Dari percobaan didapat hasil kuat tekan pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  untuk umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurut adalah  $110 \text{ kg/m}^2$ ,  $251,25 \text{ Kg/cm}^2$  dan  $385 \text{ kg/m}^2$ . Pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  untuk umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurut adalah  $185 \text{ kg/m}^2$ ,  $233,3 \text{ Kg/cm}^2$  dan  $358,3 \text{ kg/m}^2$ . Pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  untuk umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurut adalah  $113,333 \text{ kg/m}^2$ ,  $173,333 \text{ Kg/cm}^2$  dan  $346,667 \text{ kg/m}^2$ . Pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  untuk umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurut adalah  $140 \text{ kg/m}^2$ ,  $217,5 \text{ Kg/cm}^2$  dan  $317,5 \text{ kg/m}^2$ . Pada suhu  $75^{\circ}\text{C}$  untuk umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari secara berurut adalah  $147,5 \text{ kg/m}^2$ ,  $295 \text{ Kg/cm}^2$  dan  $317,5 \text{ kg/m}^2$ .
- Sehingga berdasarkan hasil Pengujian dapat terlihat bahwa benda uji yang didapat pada suhu air campuran beton diatas suhu kamar yaitu  $40^{\circ}\text{C}$  dan  $75^{\circ}\text{C}$  dibawah parameter yang diinginkan, sedangkan hasil kuat tekan pada suhu air campuran dibawah suhu ruang yaitu  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  dan  $0^{\circ}\text{C}$  didapatkan kuat tekan

diatas parameter yang diinginkan. Sehingga dari percobaan ini dapat ditarik kesimpulan seperti dengan bertambahnya suhu pada beton menyebabkan penurunan pada kuat tekan, kuat tekan menunjukkan penurunan yang relatif kecil dengan suhu normal. Selain itu kuat tekan beton menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu campuran mengakibatkan turunnya kuat tekan beton, hal ini disebabkan karena ikatan semen dan agregat mengalami retakan halus atau retak rambut dikarenakan suhu hidrasi yang tinggi pada waktu setting time awal pada beton. Pada air bersuhu normal atau suhu ruang untuk campuran beton, panas yang dicapai beton akibat hidrasi setelah waktu setting time kedua atau setelah dua jam semen, air dan agregat bercampur sekitar  $75^{\circ}\text{C}$ , apalagi bila air campuran beton diatas suhu ruang atau lebih panas maka suhu beton akibat hidrasi akan semakin tinggi diatas  $75^{\circ}\text{C}$  yang mengakibatkan penurunan kuat tekan beton dikarenakan banyaknya retakan halus pada beton akibat panas hidrasi beton yang tinggi.

4. Wallah, dkk. (2013) telah melakukan penelitian mengenai Pengaruh Variasi Suhu Pada Perawatan Elevated temperature Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi suhu pada perawatan elevated temperature terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton, serta melihat perilaku kuat tekan dan kuat tarik belah beton menurut umur beton dengan perawatan elevated temperature yang terbagi atas 3 variasi suhu yaitu  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $60^{\circ}\text{C}$  yang dirawat dalam oven selama 24 jam

kemudian dibiarkan dengan suhu ruangan. Sampel berbentuk silinder 10/20 cm dan pengujian sampel dilaksanakan pada umur beton 3, 7 dan 28 hari.

Dari hasil percobaan di dapat nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton dengan perawatan elevated temperature pada suhu 40<sup>0</sup>C, 50<sup>0</sup>C dan 60<sup>0</sup>C pada saat umur beton mencapai 3 hari menunjukkan semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur muda beton, sedangkan pada umur 28 hari menunjukkan semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan maka nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang dicapai pada saat beton berumur 28 hari akan semakin rendah.

Untuk persentase nilai kuat tekan beton terhadap kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa dengan menggunakan perawatan elevated temperatur pada umur 3 dan 7 hari melebihi persentase perkiraan kuat tekan beton menurut SK SNI T-15-1991 untuk beton umur 3 hari = 46 % dan 7 hari = 70% sedangkan persentase nilai kuat tekan beton terhadap kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa dengan menggunakan perawatan elevated temperature pada umur 28 hari lebih rendah dari persentase perkiraan kuat tekan beton menurut SK SNI T-15-1991 untuk beton umur 28 hari = 100%. Hal ini disebabkan oleh proses hidrasi yang dialami beton yang dirawat dengan perawatan elevated temperature berlangsung lebih cepat dan mengakibatkan peningkatan laju kenaikan kekuatan pada umur muda namun membuat batas kekuatan lebih rendah dibandingkan beton yang dirawat dengan perawatan normal.

5. Lasino, dkk. (2017) telah melakukan penelitian mengenai Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Berbagai Jenis Semen. Tujuan penelitian ini untuk pengujian durabilitas, pengujian susut, dan rangkak. Dalam jurnal ini dilakukan penelitian dengan metode eksperimental dengan percobaan laboratorium, yaitu dengan membuat benda uji atau spesimen beton berbentuk silinder, kubus, dan balok. Dari benda uji tersebut dapat ditentukan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas, permeabilitas, penyusutan, dan kekekalan bentuk akibat beban tetap. Selain uji mekanik beton, dilakukan juga pengujian durabilitas, pengujian susut, dan rangkak. Variasi mutu beton terdiri atas 2 kelas berdasarkan rasio air-semen, yaitu masing masing untuk fas 0,40 dan 0,60. Tiga variasi jenis semen (semen OPC, semen PPC, dan semen PCC) diambil masing-masing dari 10 pabrik semen dengan jumlah 1000 kg. Semen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) jenis yaitu semen Portland Tipe I, *Ordinary Portland Cement* type-I (OPC tipe-I), PPC dan PCC. Mutu semen OPC sesuai dengan ketentuan dalam SNI 2049:2015 (BSN 2015), diantaranya meliputi kehalusan minimum 280 m<sup>2</sup>/kg, kuat tekan umur 28 hari 280 kg/cm<sup>2</sup>, waktu pengikatan awal minimum 45 menit, pengikatan akhir maksimum 375 menit, kadar SO<sup>3</sup> maksimum 3,0 % dan hilang pijar maksimum 3,0 %. Demikian pula untuk PPC sesuai SNI 0302:2014 (BSN 2014a) yaitu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan pozzolan halus. Sedangkan PCC sesuai SNI 7064:2014 (BSN 2014b), yaitu semen hidrolis hasil penggilingan

bersama-sama terak semen Portland dan gipsum dengan beberapa bahan anorganik seperti terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan total bahan anorganik antara 6 sampai 35% dari massa semen Portland komposit. Dari penelitian yang sudah dilakukan terlebih dahulu, pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan terjadi pada beton yang menggunakan semen tipe PCC sebesar 8 % terhadap kuat tekan beton yang menggunakan semen OPC dan PPC, dengan fas 0,42 (Salain 2009).

Berdasarkan hasil Percobaan, disimpulkan bahwa untuk semen OPC kuat tekan beton dengan fas 0,4 lebih tinggi 38 % dari kuat tekan beton dengan fas 0,6. Untuk semen PPC dan PCC kuat tekannya 34 % lebih tinggi dari kuat tekan beton dengan fas 0,6. Untuk hasil uji kuat lentur dan kuat tarik menunjukkan bahwa beton dengan semen OPC, PPC dan PCC, memiliki perbedaan kekuatan namun tidak terlalu signifikan. Kuat lentur beton dengan fas 0,4 lebih tinggi 20% dari beton dengan fas 0,6. Sedangkan untuk kuat tarik belah, beton dengan fas 0,4 lebih tinggi 22% dari beton dengan fas 0,6. Modulus elastisitas beton dengan semen OPC memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding beton dengan semen PPC dan PCC, namun antara beton semen PPC dan PCC cukup signifikan, sekitar 15%.

Dari uji permeabilitas, seluruh benda uji dapat memenuhi syarat kekedapan/tidak rembes dengan kedalaman/penetrasi bagian yang lembab yang relatif kecil. Dari analisis beda nyata terhadap hasil pengujian kuat tekan beton, antara OPC dan PCC memiliki karakteristik yang berbeda dalam penggunaannya untuk beton. Sedangkan untuk semen OPC dan PPC memiliki karakteristik yang hampir sama dalam penggunaannya untuk beton. Untuk beton dengan  $f_s$  0,4 dan 0,6 mempunyai nilai permeabilitas yang relatif sama, dan untuk regangan susut, beton dengan semen PCC mempunyai nilai yang lebih kecil 60% dari regangan beton yang menggunakan semen OPC dan PPC.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahmani dan Gazali, (2019), Sardjoe dan Godinho, (2018), Harahap dan Hariyanto, (2013), Wallah, dkk (2013), Lasino, dkk (2017) , dalam hal ini meneliti akibat perbedaan suhu agregat kasar ( $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ ) dengan cara simulasi suhu agregat kasar tersebut dipanaskan hingga mencapai temperatur yang diinginkan dan ditinjau terhadap kekuatan beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang dihasilkan baik itu terhadap hasil uji kuat tekan maupun kuat lentur dengan komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa sebagai dasar DMF (*Design Mix Formula*) untuk acuan penelitian ini.

## BAB.III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

*Rigid pavement* atau perkerasan kaku merupakan salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan yang sering digunakan saat ini untuk tanah dasar yang bukan diatas tanah lunak. *Rigid pavement* ini umumnya dipakai untuk perkerasan jalan yang mempunyai kondisi lalu lintas yang cukup padat dan memiliki distribusi beban yang cukup besar seperti pada jalan Nasional maupun jalan Propinsi. Jenis perkerasan ini menggunakan beton sebagai bahan utamanya.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas , (Sukirman, 1999).

1. Konstuksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Adapun perbedaan utama antara perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah, (Sukirman, 1999).

**Tabel 3.1** Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku (Sukirman, 1999)

| No. | Perbedaan             | Perkerasan lentur ( <i>flexible pavement</i> )             | perkerasan kaku ( <i>rigid pavement</i> )                        |
|-----|-----------------------|--|--|
| 1.  | Bahan pengikat        | Aspal  | Semen  |
| 2.  | Repetisi beban        | Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)                  | Timbul retak-retak pada permukaan                                |
| 3.  | Penurunan tanah dasar | Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)                 | Bersifat sebagai balok diatas perletakan                         |
| 4.  | Perubahan temperatur  | Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil | Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar |

Untuk kelebihan dan kekurangan terhadap perkerasan jalan yang menggunakan *rigid pavement* (perkerasan kaku) dan *flexible pavement* (perkerasan lentur) antara lain :

1. Dalam hal umur konstruksi, jalan *rigid pavement* diharapkan bisa mencapai minimal umur 20 tahun dibanding dengan jalan *flexible pavement*.
2. Dalam hal daya dukung tanah dasar, konstruksi jalan *flexible pavement* lebih cocok digunakan pada tanah dasar yang mempunyai daya dukung lemah (seperti tanah rawa atau tanah gambut) di banding konstruksi jalan *rigid pavement*.
3. Dalam hal biaya pembangunan konstruksi, jalan *rigid pavement* lebih mahal biaya pembangunannya dibandingkan dengan jalan *flexible pavement*.

### 3.2 Kondisi Tempat Kerja dan Suhu

Penyedia Jasa harus menjaga temperatur semua bahan, terutama agregat kasar, dengan temperatur pada tingkat yang serendah mungkin dan harus dijaga agar selalu di bawah 30<sup>0</sup> C sepanjang waktu pengecoran, (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Kabupaten Indragiri Hulu merupakan satu di antara dari dua belas Kabupaten yang berada di wilayah administrasi Propinsi Riau yang termasuk dalam wilayah kategori tropis dimana Kabupaten Indragiri Hulu mempunyai suhu udara yang relatif panas. Berdasarkan data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Stasiun Meteorologi Japura Indragiri Hulu, suhu udara rata-rata dalam 5 (lima) tahun terakhir bisa mencapai 28<sup>0</sup>C, sedangkan suhu udara maksimum di Kabupaten Indragiri Hulu mencapai 32,5<sup>0</sup>C dan suhu udara minimum mencapai 21,6<sup>0</sup>C. Berikut data suhu udara rata-rata dalam 5 (lima) tahun terakhir berdasarkan Tabel.3.2.

**Tabel.3.2** Data suhu udara rata-rata di Kabupaten Indragiri Hulu tahun 2015 s.d 2019  
( Stasiun Meteorologi Japura,2020 )

| Tahun | Suhu Rata-Rata Bulanan |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | Jan                    | Feb  | Mar  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Des  |
| 2015  | 26,5                   | 26,3 | 26,6 | 27,0 | 27,4 | 27,4 | 27,9 | 27,3 | 26,2 | 26,9 | 27,1 | 27,1 |
| 2016  | 27,1                   | 27,0 | 27,7 | 28,0 | 28,0 | 27,4 | 27,2 | 27,6 | 27,1 | 27,4 | 26,9 | 27,3 |
| 2017  | 26,7                   | 27,2 | 26,8 | 26,1 | 27,5 | 27,0 | 26,9 | 26,7 | 26,9 | 27,1 | 27,0 | 26,9 |
| 2018  | 26,6                   | 26,5 | 26,5 | 27,1 | 27,0 | 27,1 | 27,1 | 27,1 | 27,0 | 26,6 | 26,9 | 27,1 |
| 2019  | 27,0                   | 27,4 | 27,4 | 27,5 | 27,6 | 27,3 | 27,2 | 27,8 | 27,5 | 26,8 | 26,6 | 26,4 |

Sehingga dalam pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan beton harus menjaga suhu temperatur, salah satunya terhadap material seperti agregat kasar sebelum dilaksanakan pencampuran komposisi beton dilapangan dengan cara antara lain menyiram agregat kasar tersebut sebelum digunakan, sehingga mutu beton yang di inginkan dapat tercapai pada saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan di lapangan.

Dengan diketahuinya perbedaan suhu lingkungan dan suhu agregat kasar yang terpapar panas saat dilapangan bisa mengontrol dan menjadi acuan dalam pelaksanaan pencampuran komposisi beton, sehingga pada waktu panas ekstrim diatas 30<sup>0</sup>C hal yang terpenting dan perhatian terhadap material agregat kasar adalah merawat agregat kasar tersebut sebelum digunakan.

### 3.3 Mutu Beton

Berdasarkan Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga No. 02/SE/Db/2018 tanggal 20 September 2018 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan pada Divisi 7. Struktur Tabel 7.1.1.1, Jenis beton berdasarkan mutu beton dan penggunaannya antara lain adalah sebagai berikut : (Bina Marga, 2018)

1. Beton mutu Tinggi (  $f_c' \geq 45$  )

Umumnya digunakan untuk beton pratekan seperti tiang pancang beton pratekan, gelagar beton pratekan, pelat beton pratekan, diafragma pratekan, dan sejenisnya.

2. Beton mutu Sedang (  $20 \leq f_c' < 45$  )

Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma non pratekan, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.

3. Beton mutu Rendah (  $15 \leq f_c' < 20$  )

Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, dan trotoar.

4. Beton mutu Rendah (  $f_c' < 15$  )

Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Beton merupakan campuran antara semen hidrolis atau semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton memiliki kecendrungan tidak seragam (bervariasi) dan menyebar pada suatu nilai rata-rata tertentu berdasarkan hasil pengujian yang tergantung dari pelaksanaan di lapangan. Tingkat kesempurnaan pada proses pelaksanaan di lapangan tergantung dari beberapa faktor, antara lain dengan memperhatikan dalam hal kondisi tempat kerja, dimana selain dari material semen, agregat halus dan air, material agregat kasar untuk pekerjaan beton harus dijaga suhu temperturnya dan diupayakan suhu temperturnya dijaga serendah mungkin dan harus selalu di bawah  $30^{\circ}\text{C}$  sebelum campuran beton dilaksanakan, baik itu pengecoran dalam skala volume kecil maupun skala besar.

Agregat kasar merupakan salah satu material pengisi campuran beton. Agregat kasar yang digunakan untuk campuran beton berupa desintegrasi alami dari batuan yang diperoleh dari pemecahan batu. yang terdiri dari butiran keras dan tidak berpori. Butiran agregat kasar ini tidak pecah maupun hancur akibat pengaruh baik itu cuaca panas maupun hujan.

Adapun sifat-sifat agregat kasar yang digunakan dalam sebagai bahan campuran beton antara lain : (Bina Marga, 2018)

1. Tidak melewati 40% kehilangan akibat abrasi mesin los angeles untuk 500 kali putaran.
2. Berat isi lepas agregat kasar minimum  $1.200 \text{ kg/m}^3$ .
3. Berat jenis agregat kasar minimum 2,1.

Menurut ACI 305R-99, Kondisi yang dapat menyebabkan rusaknya kualitas beton antara lain : (ACI 305R-99, 2000)

1. Suhu lingkungan tinggi.
2. Suhu beton tinggi.
3. Kelembaban relatif rendah.
4. Kecepatan angin.
5. Radiasi sinar matahari.

Dengan adanya peningkatan suhu beton akan memiliki efek merugikan antara lain seperti : (ACI 305R-99, 2000).

1. Jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan slump meningkat seiring waktu. Untuk waktu pencampuran yang konstan, jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan slump juga meningkat dengan suhu.
2. Kadar air yang meningkat akan menyebabkan penurunan kekuatan dan keawetan, jika jumlah bahan yang mengandung semen tidak bertambah secara proporsional.
3. Kehilangan slump akan terlihat lebih awal setelah pencampuran awal dan pada kecepatan yang lebih cepat, dan dapat menyebabkan kesulitan dalam penanganan dan operasi penempatan.
4. Dalam iklim kering, retakan susut plastis lebih mudah terjadi.
5. Pada bagian yang berdimensi besar, akan terjadi peningkatan laju hidrasi dan evolusi panas yang akan meningkatkan perbedaan suhu antara beton interior dan eksterior, Hal ini dapat menyebabkan retak thermal.

Timbulnya keretakan yang disebabkan oleh reaksi semen terhadap panas dapat memicu retak thermal akibat perbedaan suhu yang sangat cepat pada bagian permukaan beton dengan bagian inti beton sehingga berpotensi timbulnya thermal cracking pada beton yang dihasilkan, dan dikhawatirkan akan menyebabkan penurunan mutu beton. Senyawa C3S (*Tricalcium silikat*) merupakan salah satu senyawa yang berpengaruh terhadap hidrasi semen, dimana C3S merupakan mineral yang paling banyak di dalam semen portland, sekitar 40-70% dari berat semen dan hidrasi C3S memberikan pasta semen sebagian besar kekuatannya, terutama pada masa awal semen mengeras.

Senyawa C3S ini dapat melepaskan panas dan mengeras dalam beberapa jam, sehingga kualitas maupun kuantitas yang terbentuk dalam ikatan oleh senyawa ini berpengaruh terhadap kekuatan beton pada awal umur 14 hari pertama pada beton. Selain C3S, mineral yang terkandung di dalam semen portland antara lain seperti *dicalcium Silikat* (C2S), *tricalcium alumat* (C3A), dan lainnya. Selain itu akibat suhu lingkungan tinggi menyebabkan penyusutan pada pasta semen didalam campuran beton yang menyebabkan terjadinya *Drying Shrinkage* akibat penguapan air bebas dari pasta semen beton tersebut. ( Widojoko, 2010 )

Selain dari peningkatan suhu beton, faktor perawatan beton juga sangat menentukan terhadap kekuatan mutu beton yang dihasilkan. Menurut Kajian Perbandingan Penggunaan Berbagai Merk Semen Dengan Dan Tanpa Perawatan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku pada tahun 2018, terjadi kehilangan rasio kekuatan mutu beton pada umur 56 hari pada pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 28% s/d 32%, dan pada pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) terjadi kehilangan rasio kekuatan mutu beton pada umur 56 hari sebesar 20% dari rencana mutu beton awal, dengan menggunakan jenis Semen Padang, Semen Holcim dan Semen Bosowa. (Wiyono.dkk , 2018 )

### **3.4 Bahan Penyusun Beton**

Beton merupakan campuran antara semen hidrolis atau semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan. Kualitas mutu beton tergantung dari komposisi material yang diinginkan sesuai dengan *Design Mix Formula* pada suatu pekerjaan beton. Untuk itu dalam hal pelaksanaan pekerjaan

beton khususnya untuk pekerjaan pencampuran beton dilapangan, harus mengetahui karakteristik material beton yang akan digunakan, adapun bahan penyusun beton tersebut antara lain:

### 3.4.1 Semen Portland

Semen portland merupakan semen hidrolis yang dibentuk dengan cara menggiling terak semen portland terutama kalsium silikat yang bersifat hidrolis bersama dengan bahan tambahan lain seperti senyawa kalsium sulfat atau bahan tambah lainnya. Adapun jenis type semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus sesuai dengan persyaratan yang berlaku saat ini. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton adalah jenis semen portland type I, II, III, IV, V yang harus memenuhi standar. (SNI, 2015)

Semen berfungsi sebagai bahan perekat terhadap agregat, baik itu agregat kasar maupun agregat halus agar untuk menjadi sebuah massa padat, dan sebagai bahan pengisi rongga-rongga diantara butiran agregat tersebut ketika dicampur dengan air dan lazim disebut dengan semen hidraulik. Dan salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland, dimana menurut SNI 15-2049-2004, dingin harus diartikan suhu ruang, hangat suhu antara  $(30-40)^{\circ}\text{C}$ , dan panas harus diartikan suhu dekat pada suhu air mendidih  $(90-95)^{\circ}\text{C}$ . Sehingga dalam temperatur beton maksimum yang di izinkan menurut ACI 305.1-06, untuk suhu beton segar maksimum adalah  $35^{\circ}\text{C}$ .

Adapun type semen untuk pekerjaan beton antara lain seperti OPC ( *Ordinary Portland Cement* ), PPC ( *Portland Pozzoland Cement* ) dan PCC ( *Portland*

*Composite Cement* ). Sifat-sifat yang dimiliki semen OPC ( *Ordinary Portland Cement* ) menurut SNI 15-2049-2004 antara lain : (SNI, 2004)

1. Semen dengan ketahanan terhadap sulfat sedang.
2. Semen dengan kekuatan awal tinggi
3. Semen dengan panas hidrasi rendah
4. Semen dengan ketahanan sulfat tinggi

Menurut SNI 15-7064-2004, sifat-sifat yang dimiliki semen PCC (*Portland Composite Cement*) antara lain : (SNI, 2004)

1. Kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit
2. Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang.
3. Tahan terhadap serangan sulfat.
4. Semen dengan kekuatan awal rendah, namun kekuatan akhir lebih tinggi.

Menurut SNI 15-0302-2004, sifat-sifat yang dimiliki semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) antara lain : (SNI, 2004)

1. Kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan
2. Tahan terhadap serangan sulfat.
3. Semen dengan panas hidrasi rendah sampai sedang.
4. Semen yang tidak mensyaratkan kekuatan awal yang tinggi.

#### **3.4.2 Agregat Kasar**

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan ( 90-95% berat atau 75-85% volume ) ( Wiyono, 2019:18 ). Agregat kasar merupakan material yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam adukan beton. Agregat kasar ini memiliki

ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm atau tertahan disaringan No.4. Agregat kasar merupakan hasil disintegrasi alami baik kerikil atau berupa batu pecah yang diambil dari industri pemecah batu. Adapun yang perlu ditinjau terhadap agregat kasar ini berdasarkan SNI 1969:2008.

Adapun ketentuan persen berat yang lolos untuk agregat kasar berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan mengenai ketentuan gradasi agregat yang digunakan seperti pada Tabel 3.3, (Bina Marga, 2018).

**Tabel 3.3.** Ketentuan Gradasi Agregat ( Bina Marga, 2018 )

| Ukuran Saringan |      | Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat Kasar |                               |                               |                                 |                                |
|-----------------|------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ASTM            | (mm) | Ukuran Nominal Maksimum 37,5 mm             | Ukuran Nominal Maksimum 25 mm | Ukuran Nominal Maksimum 19 mm | Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm | Ukuran Nominal Maksimum 9,5 mm |
| 2"              | 50,8 | 100   | -                             | -                             | -                               | -                              |
| 1 1/2 "         | 38,1 | 90-100                                      | 100                           | -                             | -                               | -                              |
| 1 "             | 25,4 | -   | 95-100                        | 100                           | -                               | -                              |
| 3/4 "           | 19   | 35-70                                       | -                             | 90-100                        | 100                             | -                              |
| 1/2 "           | 12,7 | -   | 25-60                         | -                             | 90-100                          | 100                            |
| 3/8 "           | 9,5  | 10-30                                       | -                             | 30-65                         | 40-75                           | 90-100                         |
| No.4            | 4,75 | 0-5   | 0-10                          | 5-25                          | 5-25                            | 20-55                          |
| No.8            | 2,36 | -   | 0-5                           | 0-10                          | 0-10                            | 5-30                           |
| No.16           | 1,18 | -   | -                             | 0-5                           | 0-5                             | 0-10                           |
| No.50           | 0,3  | -   | -                             | -                             | -                               | 0-5                            |
| No.100          | 0,15 | -   | -                             | -                             | -                               | -                              |

Adapun ketentuan mutu agregat berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan seperti pada Tabel 3.4, (Bina Marga, 2018).

**Tabel 3.4.** Ketentuan Mutu Agregat (Bina Marga, 2018 )

| Sifat-sifat  |           | Metode Pengujian   | Batas Maksimum yang di izinkan                              |       |
|--|-----------|--------------------|---|-------|
|  |           |                    | Halus   | Kasar |
| Keausan agregat dengan mesin Los Angeles                                       |           | SNI 2417:2008      | -   | 40%   |
| Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat | Natrium   | SNI 3407:2008      | 10%   | 12%   |
|  | Magnesium |                    | 15%   | 18%   |
| Gumpalan lempung dan partikel yang mudah pecah                                 |           | SNI 03-4141-1996   | 3%  | 2%    |
| Bahan yang lolos saringan No.200   |           | SNI ASTM C117:2012 | 5% untuk kondisi umum, 3% untuk kondisi permukaan terabrasi | 1%    |
| Kotoran Organik  |           | SNI 2816:2014      | Pelat Organik No.3  | -     |

### 3.4.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan ataupun pasir yang mempunyai ukuran butiran terbesar 4,75 mm (no.4) yang dihasilkan oleh industri pemecah batu yang digunakan untuk komposisi campuran beton. Adapun yang perlu ditinjau terhadap agregat halus ini dalam pelaksanaan di lapangan berdasarkan SNI 1970:2008. Untuk ketentuan persen berat yang lolos untuk agregat halus berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan

Konstruksi Jalan dan Jembatan mengenai ketentuan agregat yang digunakan seperti pada Tabel 3.5, (Bina Marga, 2018)

**Tabel 3.5.** Ketentuan Gradasi Agregat ( Bina Marga, 2018 )

| Ukuran Saringan |      | Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat Halus *) |
|-----------------|------|--|
| ASTM            | (mm) |  |
| 2"              | 50,8 | -  |
| 1 1/2 "         | 38,1 | -  |
| 1 "             | 25,4 | -  |
| 3/4 "           | 19   | -  |
| 1/2 "           | 12,7 | -  |
| 3/8 "           | 9,5  | 100  |
| No.4            | 4,75 | 95-100   |
| No.8            | 2,36 | 80-100   |
| No.16           | 1,18 | 50-85  |
| No.50           | 0,3  | 10-30  |
| No.100          | 0,15 | 2-10   |

#### 3.4.4 Air

Air merupakan salah satu komposisi pada campuran beton yang berfungsi untuk membantu pembentukan reaksi kimia dalam proses pengikatan antara campuran agregat dan semen (bahan tambah jika diperlukan) agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga tingkat *workability* campuran beton tersebut. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan yang merugikan seperti minyak, garam, basa, gula atau organik. Dalam pekerjaan beton air

yang digunakan harus memenuhi SNI 03-7974 2013 tentang spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis seperti air yang diketahui dapat diminum dapat digunakan.

#### **3.4.5 Bahan Tambah**

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan bahan tambah merupakan bahan yang dipergunakan untuk meningkatkan kinerja beton, dapat berupa bahan tambah kimia maupun bahan tambah mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi pori dalam campuran beton. Bahan tambah kimia, merupakan bahan kimia yang ditambahkan dalam campuran beton dalam jumlah tidak lebih dari 5% berat semen selama proses pengadukan atau selama pelaksanaan pengadukan tambahan dalam pengecoran beton. Bahan tambah kimia yang mengandung klorid tidak diizinkan untuk beton bertulang, ( Bina Marga, 2018 ).

Untuk tujuan peningkatan beton segar, bahan tambah pada campuran beton dapat digunakan untuk keperluan-keperluan antara lain , ( Bina Marga, 2018 ).

1. Meningkatkan kinerja kelecakan adukan beton tanpa menambah air ataupun mengurangi penggunaan air dalam campuran beton.
2. Mempercepat maupun memperlambat pengikatan hidrasi semen atau pengerasan beton.
3. Dapat mengurangi kecepatan terjadinya kehilangan slump (*slump loss*).
4. Mengurangi terjadinya segregasi yaitu terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam suatu adukan.

### 3.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton dan Kuat Lentur Beton

Beton pada prinsipnya harus mampu menahan gaya yang bekerja, baik itu gaya tekan maupun gaya lentur yang diakibatkan oleh energi seperti tekanan berat kendaraan pada konstruksi jalan *rigid pavement*, sehingga struktur beton tersebut harus aman terhadap gaya-gaya yang bekerja. Untuk itu beton harus memenuhi syarat agar tidak mengalami kegagalan struktur dengan cara menjaga komposisi beton tersebut secara baik. Nilai kuat tekan beton dan nilai kuat lentur beton sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain sebagai berikut :

1. Jenis Semen

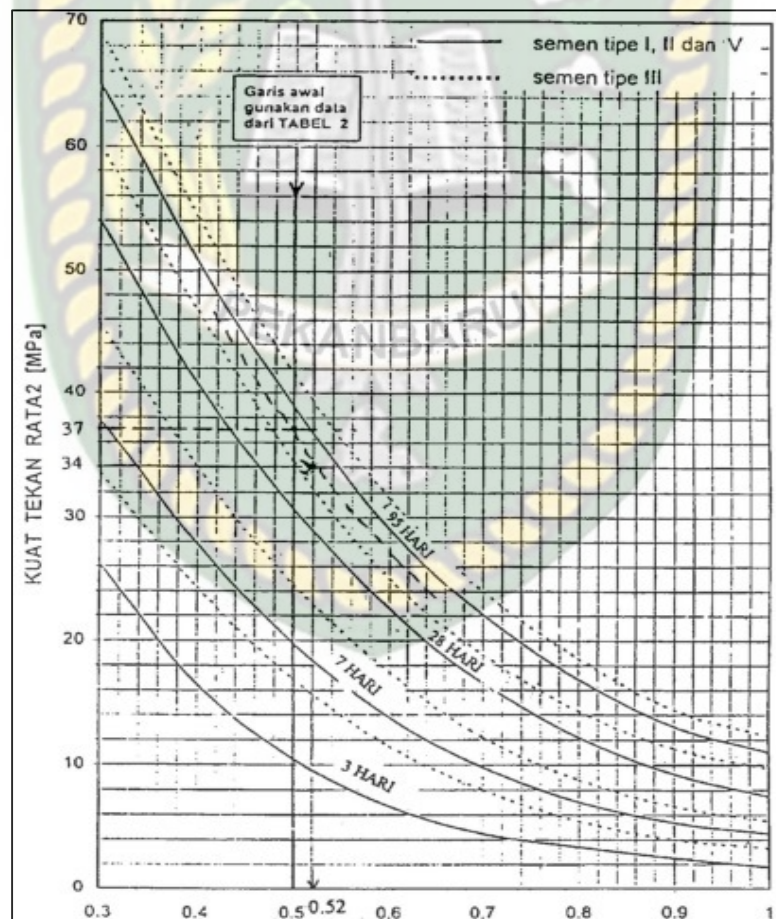
Dengan mengetahui jenis dan sifat yang dimiliki masing-masing semen portland type I, II, III, IV, V sebelum digunakan dalam pencampuran beton dalam hal komposisi jumlah berat semen, dapat menghindari penurunan mutu beton karena setiap jenis type semen terhadap komposisi pencampuran beton yang digunakan tidak sama beratnya dan berpengaruh terhadap kekuatan beton.

2. Sifat Agregat

Jumlah agregat dalam adukan mengisi sebagian besar volume beton bisa mencapai  $\pm 85\%$ , sehingga kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh sifat agregat. Sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain seperti kekasaran permukaan dan bentuk agregat terhadap ikatan pasta semen, sehingga bisa saling mengunci. Selain itu abrasi material agregat seperti agregat kasar juga mempengaruhi faktor kuat tekan beton, dimana abrasi tidak diizinkan  $> 40\%$

### 3. Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan berat antara air dan semen yang digunakan dalam komposisi beton. Menurut SNI 03-2834,2000, faktor air semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton, dimana semakin tinggi faktor air semen yang digunakan maka semakin rendah kekuatan mutu beton yang dicapai. Berdasarkan Gambar.3.1, berikut dibawah ini grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).



**Gambar 3.1.** Faktor Air Semen ( SNI, 2000 )

Pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa semakin rendah nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan pada pembuatan beton, semakin tinggi kuat tekan rata-rata beton yang dihasilkan. Sebaliknya semakin tinggi nilai faktor air semen (FAS) yang digunakan pada pembuatan beton, semakin rendah kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh.

Selain itu menurut SNI 1972:2008, nilai slump umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Beton dengan nilai slump  $< 15$  mm mungkin tidak cukup plastis sehingga dalam hal pelaksanaan pekerjaan di lapangan harus hati-hati, karena banyaknya faktor yang mempengaruhi nilai slump sehingga kekuatan beton yang direncanakan tidak tercapai pada saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

#### 4. Faktor Perawatan Beton

Perawatan Beton disaat awal umur beton sangat mempengaruhi kekuatan mutu beton yang dihasilkan. Berdasarkan jurnal Kajian Perbandingan Penggunaan Berbagai Merek Semen Dengan Dan Tanpa Perawatan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku Tahun 2018, diketahui dengan tidak dirawatnya beton mengakibatkan kehilangan rasio kekuatan beton sebesar 28% sampai dengan 30% untuk pengujian kuat tekan dan kehilangan rasio kekuatan beton sebesar 19% sampai dengan 20% pada pengujian kuat lentur, jika dibandingkan dengan beton yang dirawat selama umur beton 28 Hari.

## 5. Umur Beton

Faktor kuat tekan beton juga sangat dipengaruhi oleh umur beton. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, umur kuat tekan beton secara umum dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari serta tambahan pengujian umur beton 56 hari untuk penggunaan beton bervolume besar.

### 3.6 Perencanaan dan Penakaran Beton

Pekerjaan beton merupakan serangkaian kegiatan mulai dari pemeriksaan sifat bahan dasar, komposisi beton, hingga evaluasi penerimaan mutu beton. Untuk mutu beton yang direncanakan ( $f_c'$ ) > 20 Mpa, seluruh komponen seperti semen, pasir, agregat dan air ditakar menurut berat dan ditimbang beratnya secara terpisah. Seperti halnya penakaran agregat kasar, dilakukan dengan kondisi agregat jenuh kering permukaan (*Saturated surface dry*). Untuk mendapatkan kondisi agregat kasar yang jenuh kering permukaan, dilakukan dengan cara menyiram atau membasahi tumpukan agregat yang akan digunakan dengan air paling sedikit 12 (dua belas) jam sebelum penakaran dilakukan. Untuk tata cara pembuatan rencana campuran beton normal berdasarkan SNI 03-2834-2000.

### 3.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara membagi beban maksimum terhadap benda uji dengan luas penampang yang rata seperti Persamaan (3.1)

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

$f_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P$  = Berat beban Maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

Menurut SNI 1974-2011 perihal cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder terdiri dari penggunaan beban tekan aksial terhadap benda uji beton berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan. Pada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan, hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan benda uji dihitung dengan mebagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji. Standar ini meliputi penetapan kuat tekan beton benda uji berbentuk silinder yang dibatasi untuk beton yang memiliki berat isi (unit weight) lebih besar dari 800 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.6.2 Pengujian Kuat Lentur Beton

Untuk pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan kuat lentur beton menurut SNI 4431-2011 adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji,

yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (Mpa) gaya persatuan luas. Pada prinsipnya struktur beton pada bangunan sipil harus mampu menahan gaya yang bekerja seperti tekan dan lentur yang diakibatkan oleh energi dari luar seperti angin dan gempa pada bangunan gedung, tekanan air dan gempa pada bangunan air, tekanan kendaraan pada jembatan dan sebagainya.

Struktur beton harus aman terhadap gaya-gaya tersebut. Untuk itu maka struktur beton harus memenuhi syarat tertentu agar bangunan tidak mengalami kegagalan, tetap stabil dan aman. Untuk mendapatkan mutu beton yang sesuai dengan yang di syaratkan pada beton untuk struktur bangunan sipil, perlu dilakukan pengujian laboratorium baik untuk agregat, adukan beton maupun beton pada umur tertentu. Agar struktur beton aman terhadap gaya lentur yang bekerja, beton harus mempunyai kuat lentur tertentu sesuai dengan yang disyaratkan. Untuk mengetahui kuat lentur dari struktur beton perlu dilakukan pengujian kuat lentur di laboratorium, sehingga perlu adanya pedoman cara uji kuat lentur beton yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengujian di laboratorium dan digunakan khususnya terhadap pemeriksaan pekerjaan Konstruksi *Rigid Pavement*.

Berdasarkan SNI 4431-2011 untuk rumus perhitungan yang digunakan dalam pengujian Kuat Lentur adalah sebagai berikut :

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/2 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton di hitung menurut Persamaan (3.2) :

$$\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perleyakan bagian tengah), dan jarak titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan maka kuat lentur beton dihitug menurut Persamaan (3.3) :

$$\sigma_l = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

- $\sigma_l$  = adalah kuat lentur benda uji (Mpa)
- P = adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)
- L = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
- b = adalah lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = adalah lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- a = adalah jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar

yang terdekat, di ukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)

Catatan :

Untuk benda uji yang patahnya di luar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak digunakan.

### 3.7 *Interface* Antar Agregat

Selain dari FAS ( faktor air semen ), beton dipengaruhi oleh kekuatan komponen penyusunnya seperti agregat, pasta semen, rongga, serta *interface* antara pasta semen dengan agregat, khususnya agregat kasar, sehingga pasta semen yang merupakan mortar yang terdiri dari semen dan air dapat menyatukan agregat kasar menjadi kesatuan beton dengan mutu yang di inginkan.

Antara pasta semen (mortar) dan agregat kasar dalam beton tersebut terdapat *interface zone*, dimana pada daerah ini merupakan daerah yang paling lemah pada beton apabila bidang kontak antara pasta semen dan agregat tersebut ikatannya tidak sempurna, sehingga diharapkan adanya *interlocking* pada agregat kasar dapat berfungsi dalam hal capaian mutu beton yang rencanakan selain dari kekuatan pasta semen yang mengikat agregat dalam beton tersebut. Selain itu diharapkan proses hidrasi antara pasta semen dan agregat dapat membentuk *interface* yang lebih sempurna, sehingga faktor penurunan mutu beton akibat bidang *interface zone* dapat dihindari.

## BAB.IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Umum

Dalam hal metode penelitian ini meliputi lokasi penelitian, persiapan bahan material maupun alat yang akan digunakan, prosedur dan tahapan penelitian, serta pembuatan dan pengujian sampel dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu agregat kasar terhadap kekuatan beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang dihasilkan pada saat suhu agregat kasar mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  di lapangan yang ditinjau terhadap nilai kuat lentur dan nilai kuat tekan beton.

### 4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di laboratorium PT. Inti Indokomp yang terletak di jalan lintas timur Desa Talang Jerinjing Kabupaten Indragiri Hulu dan laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hulu yang terletak di jalan lintas timur Pematang Reba seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



**Gambar.4.1.** Peta lokasi PT.Inti Indokomp (Google Maps, 2020)



**Gambar.4.2.** Peta lokasi Dinas Pekerjaan Umum Kab.Inhu (Google Maps, 2020)

Gambar 4.1 menunjukkan lokasi penelitian berada di PT.Inti Indokomp Desa Talang Jerinjing ( Koordinat – 0.44004 , 102.45154 ) dan Gambar 4.2 menunjukkan lokasi penelitian berada di Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Indragiri Hulu ( Koordinat – 0.39003 , 102.43929 ) dimana jarak antara ke 2 ( dua ) lokasi tersebut ± 5,00 Km.

#### 4.3 Bahan

Adapun bahan atau material yang digunakan didalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan di dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I yang diproduksi oleh PT Semen Padang.
2. Material agregat halus menggunakan pasir yang berasal dari Sungai Indragiri yang berada di Desa Pasir Ringgit.
3. Material Agregat Kasar (batu pecah) berasal dari *ex quarry* Suban Batas Jambi.
4. Air yang digunakan berasal dari sumur bor yang berada di Laboratorium PT. Inti Indokomp Talang Jerinjing.

#### 4.4 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan peralatan milik Laboratorium PT. Inti Indokomp dan PU Kabupaten Inhu, antara lain :

1. Thermometer.
2. Timbangan *triple beam* dengan ketelitian 0,1 gram.
3. Timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gram.
4. Panci kecil untuk wadah air.
5. Oven lengkap dengan pengatur suhu.
6. Gelas ukur.
7. Mesin Los Angeles untuk pengujian abrasi agregat kasar.
8. Satu set saringan (*sieve*) standar SNI 1969 : 2008 beserta alat penggetar (*sieve shaker*).
9. *Conical mould* untuk mengukur keadaan SSD agregat halus.
10. 12 (dua belas) buah cetakan (*mould*) dengan ukuran 150 x 150 x 600 mm (balok beton) untuk pengujian kuat lentur.
11. 12 (dua belas) buah *mould* silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan.
12. *Mixer*.
13. Kerucut Abrams untuk pengujian slump.
14. Satu set alat pengujian kuat lentur beton.
15. Satu set alat pengujian kuat tekan beton.

16. Peralatan penunjang lainnya seperti kunci pas, sarung tangan, dan alat bantu lainnya.

#### 4.5 Tahapan Penelitian

Tahapan pengujian perihal Pengaruh Suhu Agregat Kasar Terhadap Kekuatan Beton Mutu Sedang Untuk Konstruksi Jalan ini dilakukan mulai dari penentuan komposisi campuran mutu beton  $f_s$  4,5 Mpa / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) terhadap suhu agregat kasar mencapai  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ , tahap pengujian material baik agregat kasar maupun halus, pembuatan beserta pengujian mutu beton benda uji, dan menganalisis data serta membuat kesimpulan dari hasil penelitian. Pembuatan pengujian beton ini menggunakan tata cara pembuatan rencana campuran beton normal menurut SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan penelitian terhadap suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  dengan komposisi campuran mutu beton  $f_s$  4,5 Mpa / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) dan dengan cara manual adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan cetakan (*mould*) silinder dengan ukuran  $\text{Ø}15$  Cm dan tinggi 30 Cm untuk pengujian kuat tekan sebanyak 12 *mould* dan cetakan (*mould*) dengan ukuran  $15 \times 15 \times 60$  Cm (balok beton) untuk pengujian kuat lentur sebanyak 12 *mould*, dengan uraian 3 (tiga) sampel benda uji untuk umur 7 (tujuh) hari, 3 (tiga) sampel benda uji untuk umur 14 (empat belas) hari, 3 (tiga) sampel benda uji untuk umur 28 (dua puluh delapan) hari dan 3 (tiga) sampel benda uji untuk umur 56 (lima puluh enam) hari, masing masing untuk suhu agragat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ .

2. Menimbang dan menyiapkan agregat halus sebanyak 82,8 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat lentur dan agregat halus sebanyak 32,4 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat tekan.
3. Menimbang dan menyiapkan semen sebanyak 74,4 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat lentur dan semen sebanyak 36,0 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat tekan.
4. Mencampur/mengaduk agregat halus dan semen yang telah ditimbang terlebih dahulu secara rata dengan menggunakan sekop sebelum dicampur dengan agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  beserta air.
5. Menimbang dan menyiapkan air sebanyak 30,0 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat lentur dan air sebanyak 12,0 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat tekan.
6. Pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan proses menghampar material agregat kasar di lapangan terbuka dimana diharapkan agregat kasar tersebut terkena panas matahari dan mengecek suhu agregat kasar tersebut sebelum digunakan dalam pembuatan sampel beton.



**Gambar 4.3** Kondisi agregat kasar yang terkena panas matahari (Dokumentasi, 2020)



**Gambar 4.4** Pengecekan suhu agregat kasar dilapangan terbuka (Dokumentasi, 2020)

7. Untuk suhu agregat kasar yang mencapai  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  dilakukan dengan cara memanaskan material agregat kasar tersebut diatas kualii besi dengan menggunakan kompor gas sebagai sarana pemanas agregat kasar seperti pada Gambar 4.5 berikut ini.



**Gambar 4.5** Cara pemanasan suhu agregat kasar kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  (Dokumentasi, 2020)

8. Menimbang dan menyiapkan agregat kasar ukuran 2-3 sebanyak 160,8 Kg dan agregat kasar ukuran 1-2 sebanyak 33,6 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat lentur dan agregat kasar ukuran 2-3 sebanyak 62,4 Kg dan agregat kasar ukuran 1-2 sebanyak 13,2 Kg untuk kebutuhan 12 (dua belas) sampel benda uji kuat tekan.
9. Mengecek suhu agregat kasar pada saat mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  sebelum dimasukkan kedalam campuran semen dan agregat halus yang sudah diaduk merata terlebih dahulu seperti yang terlihat pada Gambar 4.6, 4.7, 4.8 dan Gambar 4.9 berikut ini.



**Gambar 4.6** Pengecekan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$  (Dokumentasi, 2020)



**Gambar 4.7** Pengecekan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  (Dokumentasi, 2020)



**Gambar 4.8** Pengecekan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  (Dokumentasi, 2020)



**Gambar 4.9** Pengecekan suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  (Dokumentasi, 2020)

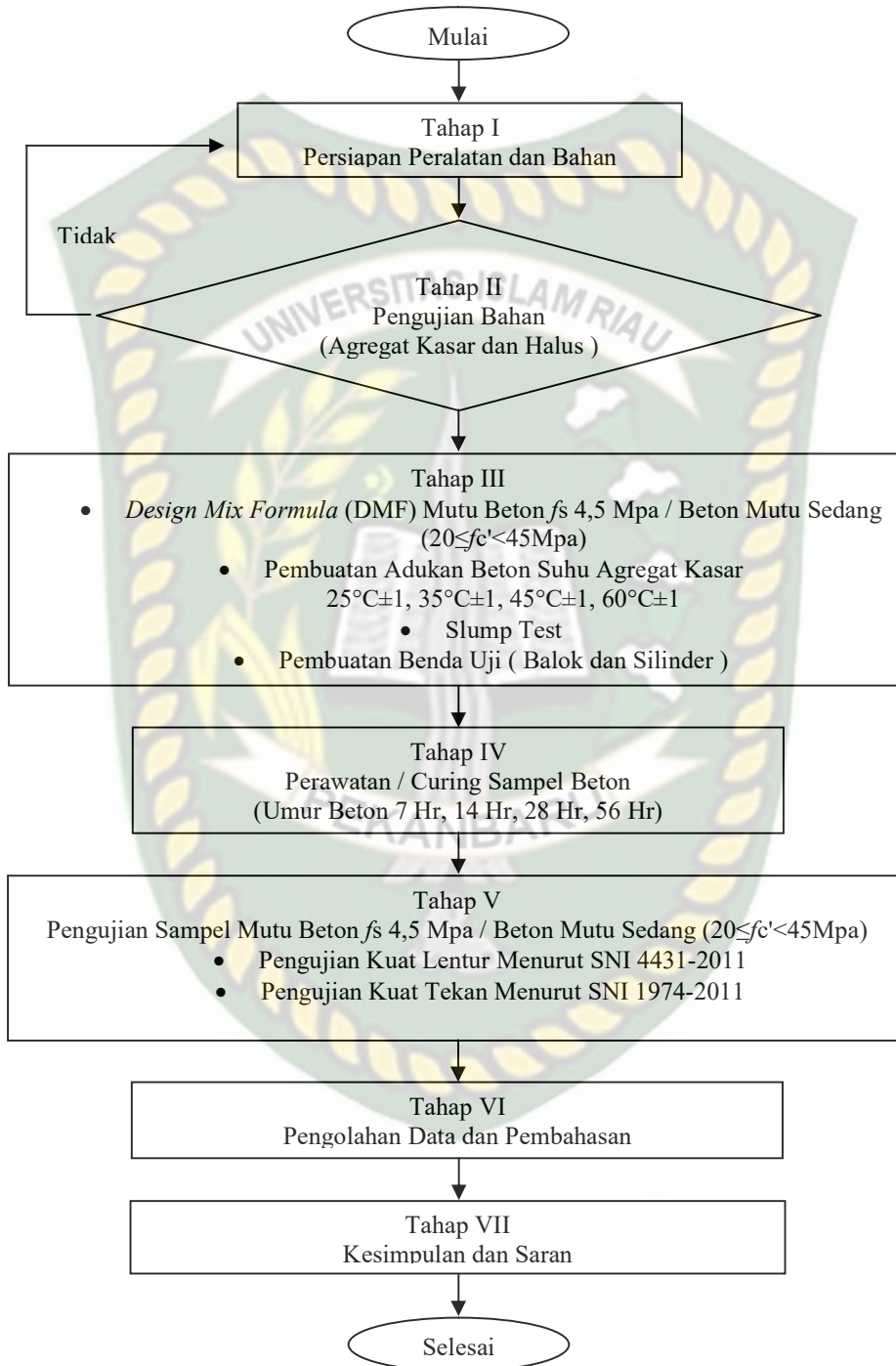
10. Mencampur/mengaduk agregat kasar ketika sudah mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  kedalam campuran semen dan agregat halus yang

sudah diaduk merata terlebih dahulu dan ditambah air yang sudah ditimbang dan disiapkan sebelumnya.

11. Mengaduk komposisi agregat halus, agregat kasar, semen dan air secara merata dengan menggunakan sekop.
12. Mengecek/mengukur nilai slump.
13. Memasukkan campuran beton yang sudah siap diaduk secara manual tersebut diatas ke dalam cetakan (*mould*) ukuran 15x15x60 Cm sebanyak 12 (dua belas) buah untuk kuat lentur dan ke dalam cetakan (*mould*) silinder dengan ukuran Ø15 Cm dan tinggi 30 Cm sebanyak 12 (dua belas) buah untuk kuat tekan, yang sudah disiapkan terlebih dahulu.
14. Mengeluarkan sampel beton dari cetakan (*mould*) setelah 24 jam dan merawat sampel beton tersebut dengan cara direndam dalam bak air untuk umur beton selama 7 (tujuh) hari, 14 (empat belas) hari, 28 (dua puluh delapan) hari, dan 56 (lima puluh enam) hari.
15. Mengeluarkan sampel benda uji sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 7 (tujuh) hari dari bak air dengan waktu  $\pm$  6 jam sebelum pengujian kuat lentur dilaksanakan menurut SNI 4431-2011 dan sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 7 (tujuh) hari dari bak air dengan waktu  $\pm$  6 jam sebelum pengujian kuat tekan dilaksanakan menurut SNI 1974-2011 serta mencatat hasil pengujian kuat lentur pada umur beton 7 (tujuh) hari tersebut.

16. Mengeluarkan sampel benda uji sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 14 (empat belas) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 11$  jam sebelum pengujian kuat lentur dilaksanakan menurut SNI 4431-2011 dan sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 14 (empat belas) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 11$  jam sebelum pengujian kuat tekan dilaksanakan menurut SNI 1974-2011 serta mencatat hasil pengujian kuat lentur pada umur beton 14 (empat belas) hari tersebut.
17. Mengeluarkan sampel benda uji sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 28 (dua puluh delapan) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 20$  jam sebelum pengujian kuat lentur dilaksanakan menurut SNI 4431-2011 dan sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 28 (dua puluh delapan) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 20$  jam sebelum pengujian kuat tekan dilaksanakan menurut SNI 1974-2011 serta mencatat hasil pengujian kuat lentur pada umur beton 28 (dua puluh delapan) hari tersebut.
18. Mengeluarkan sampel benda uji sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 56 (lima puluh enam) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 33$  jam sebelum pengujian kuat lentur dilaksanakan menurut SNI 4431-2011 dan sebanyak 3 (tiga) buah untuk umur beton 56 (lima puluh enam) hari dari bak air dengan waktu  $\pm 33$  jam sebelum pengujian kuat tekan dilaksanakan menurut SNI 1974-2011 serta mencatat hasil pengujian kuat lentur pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari tersebut.

Bagan alir (*flow chart*) tahapan penelitian suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut ;



**Gambar 4.10.** Bagan Alir (Flow Chart) Penelitian suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$

#### 4.6 Populasi dan Sampel

Di dalam penelitian ini benda uji yang diambil adalah balok ukuran 15x15x60 cm sebanyak 48 (empat puluh delapan) buah sampel untuk uji kuat lentur dan benda uji silinder dengan Ø15 Cm dan tinggi 30 Cm sebanyak 48 (empat puluh delapan) buah sampel untuk uji kuat tekan, pada masing-masing perlakuan terhadap variasi suhu temperatur disaat agregat kasar mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada komposisi campuran mutu beton  $f_s$  4,5 Mpa / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ), dan rentang waktu yang digunakan untuk pengujian benda uji adalah pada saat umur beton mencapai 7 hari, 14 hari, 28 hari dan 56 hari.

#### 4.7 Rancangan Campuran

Untuk rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini (*Design Mix Formula*) menggunakan komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian ini terhadap suhu agregat kasar mencapai  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ .

Berdasarkan perhitungan *Design Mix Formula* yang direncanakan, diperoleh komposisi penyusun beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) sesuai dengan Tabel 4.1 berikut ini :

**Tabel 4.1** Rancangan campuran penelitian suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | <i>Design Mix Formula</i> (DMF)  | Semen type 1 / PCC ( Kg ) | Agregat Kasar Uk.2-3 ( Kg ) | Agregat Kasar Uk.1-2 ( Kg ) | Agregat Halus ( Kg ) | Air ( Kg ) | Keterangan |
|----|--|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|------------|------------|
| 1. | Perencanaan campuran mutu beton $f_s'$ 4,5 Mpa untuk 1 $\text{M}^3$  | 460,00                    | 988,90                      | 204,60                      | 511,50               | 185,00     | FAS 0,4 %  |
| 2. | Perencanaan campuran mutu beton $f_s'$ 4,5 Mpa untuk 1 (satu) balok benda uji ukuran 15x15x60 Cm                             | 6,20                      | 13,40                       | 2,80                        | 6,90                 | 2,50       | FAS 0,4 %  |
| 3. | Perencanaan campuran mutu beton $f_s'$ 4,5 Mpa untuk 1 (satu) silinder benda uji ukuran $\varnothing 15$ Cm dan tinggi 30 Cm | 2,40                      | 5,20                        | 1,10                        | 2,70                 | 1,00       | FAS 0,4 %  |

#### 4.8 Metoda Pengujian

Dalam hal penelitian pengujian perihal Pengaruh Suhu Agregat Kasar Terhadap Kekuatan Beton Mutu Sedang Untuk Konstruksi Jalan ini dilakukan sebagai berikut :

1. Metode uji keausan agregat kasar (pengujian ini menggunakan metode cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles menurut SNI 2417-2008).

2. Metode pengujian agregat kasar (pengujian ini menggunakan metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menurut SNI 03-1969-1990).
3. Metode pengujian agregat halus (pengujian ini menggunakan metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menurut SNI 03-1970-1990).
4. Metode pengujian kuat lentur berdasarkan cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan menurut SNI, 4431:2011.
5. Metode pengujian kuat tekan berdasarkan cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder menurut SNI, 1974:2011.

#### 4.9 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah suhu agregat kasar akan mempengaruhi nilai kuat tekan dan nilai lentur beton dimana peningkatan suhu agregat kasar di lapangan akibat cuaca panas akan cenderung mempengaruhi faktor air semen (FAS) dalam komposisi *Design Mix Formula* (DMF) sehingga mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan.

## BAB.V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Pengamatan Suhu Agregat Kasar di Lapangan

Berdasarkan tinjauan lapangan di *Batching Plant* pada tanggal 10 Maret 2020, yaitu tepatnya di Talang Jerinjing Kecamatan Rengat Barat Kabupaten Indragiri Hulu, koordinat X = 0216251 ; Y= 9951425, pengamatan antara suhu lingkungan terhadap suhu material agregat kasar yang terpapar matahari secara langsung di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Pengamatan Suhu Lingkungan dan Suhu Agregat kasar di Lapangan

| Jam Pengamatan (WIB) | Suhu Lingkungan   | Suhu Agregat Kasar  |                   |                      | Keterangan |
|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|
|                      | Thermometer -1    | Thermometer - 1     | Thermometer - 2   | Rata-Rata            |            |
| 10.00 s/d 10.26      | 30 <sup>0</sup> C | 37 <sup>0</sup> C   | 37 <sup>0</sup> C | 37 <sup>0</sup> C    |            |
| 11.01 s/d 11.16      | 31 <sup>0</sup> C | 44,5 <sup>0</sup> C | 45 <sup>0</sup> C | 44,75 <sup>0</sup> C |            |
| 12.02 s/d 12.23      | 32 <sup>0</sup> C | 45,5 <sup>0</sup> C | 46 <sup>0</sup> C | 45,75 <sup>0</sup> C | Berawan    |
| 13.23 s/d 13.35      | 33 <sup>0</sup> C | 52,3 <sup>0</sup> C | 56 <sup>0</sup> C | 54,15 <sup>0</sup> C |            |
| 14.11 s/d 14.25      | 33 <sup>0</sup> C | 58 <sup>0</sup> C   | 58 <sup>0</sup> C | 58 <sup>0</sup> C    |            |
| 15.07 s/d 15.20      | 33 <sup>0</sup> C | 58,7 <sup>0</sup> C | 59 <sup>0</sup> C | 58,85 <sup>0</sup> C |            |
| 16.07 s/d 16.19      | 33 <sup>0</sup> C | 47,9 <sup>0</sup> C | 49 <sup>0</sup> C | 48,45 <sup>0</sup> C |            |
| 17.00 s/d 17.12      | 32 <sup>0</sup> C | 43,8 <sup>0</sup> C | 44 <sup>0</sup> C | 43,9 <sup>0</sup> C  |            |

Pada Tabel 5.1 dapat dilihat pada jam 10.00 s/d 10.26 WIB dengan suhu lingkungan 30<sup>0</sup>C, suhu material agregat kasar yang terpapar panas matahari di lapangan bisa mencapai 37<sup>0</sup>C. Pada jam 15.07 s/d 15.20 WIB dengan suhu lingkungan 33<sup>0</sup>C, dijumpai suhu material agregat kasar yang terpapar panas matahari

di lapangan naik menjadi  $58,85^{\circ}\text{C}$ . Namun pada jam 17.00 s/d 17.12 WIB dengan suhu lingkungan  $32^{\circ}\text{C}$  suhu material agregat kasar yang terpapar panas matahari di lapangan turun menjadi  $43,9^{\circ}\text{C}$ . Dapat disimpulkan bahwa makin tinggi suhu lingkungan menyebabkan semakin tinggi pula suhu material agregat kasar yang terpapar panas matahari di lapangan. Seiring dengan penurunan suhu lingkungan menyebabkan penurunan pula terhadap suhu agregat kasar di lapangan yang terpapar panas matahari.



**Gambar 5.1** Material Agregat Kasar di Lapangan ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa material agregat kasar yang akan digunakan dalam pembuatan beton tidak terlindungi dari panas matahari, sehingga dengan tingginya suhu lingkungan akan menyebabkan semakin tinggi pula suhu agregat kasar yang nanti nya akan digunakan pada saat produksi beton di *Batching Plant*.



**Gambar 5.2** Suhu Temperatur Agregat Kasar di Lapangan ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat kondisi agregat kasar di lapangan tidak terlindungi dari panas matahari dan menyebabkan suhu agregat kasar tersebut bisa mencapai  $59^{\circ}\text{C}$  disaat suhu lingkungan mencapai  $33^{\circ}\text{C}$  pada siang hari. Sehingga dengan tingginya suhu agregat kasar tersebut akan mempengaruhi jumlah kebutuhan air dari rencana *Design Mix Formula* ( DMF) pada saat produksi beton di *Batching Plant*.

## 5.2 Hasil Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material agregat penyusun beton dilakukan dengan metode uji keausan agregat kasar menurut SNI 2417-2008 untuk mengetahui keausan (abrasi) material agregat kasar, metode pengujian agregat kasar menurut SNI 03-1969-1990, serta metode pengujian agregat halus menurut SNI 03-1970-1990 untuk mengetahui berat jenis, berat jenuh kering permukaan, berat jenis semu, serta penyerapan (*absorpsi*) material agregat kasar dan agregat halus yang nantinya jika memenuhi syarat akan digunakan dalam penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu pada agregat kasar terhadap kekuatan beton mutu sedang ( $20 \leq f'_c < 45 \text{Mpa}$ ) yang dihasilkan

pada saat suhu agregat kasar mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

### 5.2.1 Agregat Kasar

Dalam pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan Gradasi A sesuai dengan SNI 2417-2008:

1. Hasil pengujian keausan agregat kasar menurut SNI 2417-2008.

Dari hasil pemeriksaan pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan material yang bersumber dari *ex quarry* Suban Batas Jambi yang merujuk pada Tabel.3.4, diperoleh hasil pengujian keausan agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar.

| Jenis Pemeriksaan | Satuan | Hasil Pemeriksaan | Spesifikasi | Keterangan |
|-------------------|--------|-------------------|-------------|------------|
| Keausan           | %      | 17,64             | Maks. 40    | Memenuhi   |

Dari Tabel 5.2 diperoleh hasil pengujian keausan agregat kasar sebesar 17,64 %. Dapat disimpulkan agregat kasar tersebut memenuhi persyaratan dimana batas ambang maksimal keausan agregat kasar yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 adalah 40%.

2. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar menurut SNI 03-1969-1990

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dengan menggunakan material yang bersumber dari *ex quarry* Suban batas Jambi yang ditinjau terhadap berat jenis

kering, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan Penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar.

| Jenis Pemeriksaan    | Satuan  | Hasil Pemeriksaan | Spesifikasi | Keterangan |
|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------|
| Berat Jenis :        |         |                   |             |            |
| - Berat Jenis Kering | (gr/cc) | 2,673             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Berat Jenis SSD    | (gr/cc) | 2,685             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Berat Jenis Semu   | (gr/cc) | 2,706             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Penyerapan         | %       | 0,461             | Maks. 2,5   | Memenuhi   |

Dari Tabel 5.3 diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis kering sebesar 2,673 (gr/cc), berat jenis SSD sebesar 2,685 (gr/cc), berat jenis semu sebesar 2,706 (gr/cc), dan penyerapan agregat kasar sebesar 0,461 (%), dimana dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk berat jenis kering minimal sebesar 2,1 (gr/cc), berat jenis SSD minimal sebesar 2,1 (gr/cc), berat jenis semu minimal sebesar 2,1 (gr/cc) dan untuk penyerapan agregat kasar maksimal sebesar 2,5 (%). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan berat jenis agregat kasar tersebut memenuhi persyaratan sifat-sifat agregat kasar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### 5.2.2 Agregat Halus

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus dengan menggunakan pasir yang berasal dari Sungai Indragiri yang berada di Desa Pasir Ringgit yang ditinjau terhadap berat jenis kering, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus.

| Jenis Pemeriksaan    | Satuan  | Hasil Pemeriksaan | Spesifikasi | Keterangan |
|----------------------|---------|-------------------|-------------|------------|
| Berat Jenis :        |         |                   |             |            |
| - Berat Jenis Kering | (gr/cc) | 2,503             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Berat Jenis SSD    | (gr/cc) | 2,564             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Berat Jenis Semu   | (gr/cc) | 2,667             | Min. 2,10   | Memenuhi   |
| - Penyerapan         | %       | 2,459             | Maks. 5,0   | Memenuhi   |

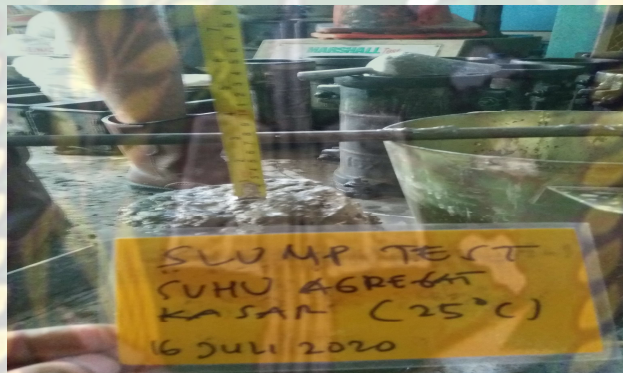
Dari Tabel 5.4 diperoleh hasil berat jenis kering sebesar 2,503 (gr/cc), berat jenis SSD sebesar 2,564 (gr/cc), berat jenis semu sebesar 2,667 (gr/cc), dan penyerapan agregat kasar sebesar 2,459 (%), dimana dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk berat jenis kering minimal sebesar 2,1 (gr/cc), berat jenis SSD minimal sebesar 2,1 (gr/cc), berat jenis semu minimal sebesar 2,1 (gr/cc) dan untuk penyerapan agregat halus maksimal sebesar 5,0 (%). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan berat jenis agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sifat-sifat agregat halus sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### 5.3 Hasil dan Analisa Nilai Slump

Workabilitas merupakan hal yang perlu diketahui pada sifat beton segar, dimana workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton baik dalam mengaduk, menuang kedalam cetakan dan pemadatan tanpa mengurangi homogenitas beton. Sehingga homogenitas dan *workability* adukan beton segar dapat dipantau dan dinyatakan dengan Nilai Slump.

1. Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$

Berdasarkan penelitian baik untuk kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan *Design Mix Formula* (DMF) komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) pada agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai rata-rata nilai slump sebesar 7,0 Cm seperti yang terlihat pada Gambar.5.3.



**Gambar 5.3.** Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C}$  ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan material agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm, Sehingga diharapkan workabilitas beton sangat terjaga baik terlebih dalam pemadatan pekerjaan beton di lapangan tanpa mengurangi homogenitas beton.

2. Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$

Merujuk pada Tabel.4.1, dimana penelitian baik untuk kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan *Design Mix Formula* (DMF) komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang

( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) pada agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai rata-rata nilai slump sebesar 5,0 Cm seperti yang terlihat pada Gambar.5.4.



**Gambar 5.4.** Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $35^{\circ}\text{C}$  ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan material agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai slump sebesar 5,0 Cm. Jika dibandingkan dengan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  yang mempunyai nilai slump 7,0 Cm, pada suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh rata-rata nilai slump sebesar 5,0 Cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah.

### 3. Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C} \pm 1$

Penelitian menggunakan *Design Mix Formula* (DMF) komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) baik untuk kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) sesuai dengan Tabel 4.1 pada penggunaan agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai rata-rata nilai slump sebesar 2,0 Cm seperti yang terlihat pada Gambar.5.5.



**Gambar 5.5** Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $45^{\circ}\text{C}$  ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan material agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai slump sebesar 2,0 Cm. Jika dibandingkan dengan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  yang mempunyai nilai slump 5,0 Cm, pada penggunaan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh rata-rata nilai slump sebesar 2,0 Cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah.

#### 4. Nilai Slump Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C} \pm 1$

Merujuk pada Tabel.4.1, dimana penelitian baik untuk kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan *Design Mix Formula* (DMF) komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) pada agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai rata-rata nilai slump sebesar 0,0 Cm seperti yang terlihat pada Gambar.5.6.



**Gambar 5.6** Nilai Slump Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}$  ( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.6 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan material agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai slump sebesar 0,0 Cm. Jika dibandingkan dengan penggunaan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  yang mempunyai nilai slump 2,0 Cm, pada penggunaan suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh rata-rata nilai slump sebesar 0,0 Cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah.

#### 5. Analisa Nilai Slump

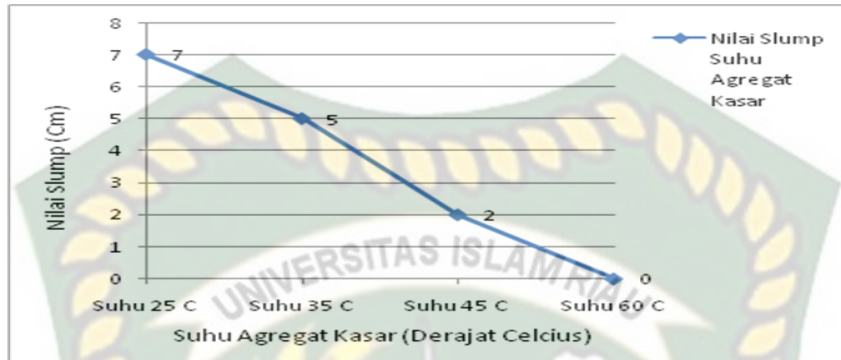
Tujuan dari pengujian nilai slump agar diketahui berapa tingkat kemudahan pekerjaan di lapangan. Sehingga faktor air semen (FAS) yang merupakan indikator penting dalam perancangan campuran beton, berfungsi sebagai sarana untuk pembentukan reaksi kimia terhadap semen, dan juga dapat memberikan kemudahan dalam pekerjaan di lapangan. Berdasarkan hasil pengujian baik untuk kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan *Design Mix Formula* (DMF) komposisi beton mutu  $f_s$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) pada agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan

$60^{\circ}\text{C}\pm 1$  yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel.5.5** Nilai Slump Suhu Agregat Kasar

| No. | Suhu Agregat Kasar        | Nilai Slump Kuat Lentur ( $f_s'$ ) | Nilai Slump Kuat Tekan ( $f_c'$ ) |
|-----|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1.  | Suhu $25^{\circ}\text{C}$ | 7 cm                               | 7 cm                              |
| 2.  | Suhu $35^{\circ}\text{C}$ | 5 cm                               | 5 cm                              |
| 3.  | Suhu $45^{\circ}\text{C}$ | 2 cm                               | 2 cm                              |
| 4.  | Suhu $60^{\circ}\text{C}$ | 0 cm                               | 0 cm                              |

Dilihat dari Tabel 5.5, bahwa dengan penggunaan agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ ,  $45^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai slump 7 cm, 5 cm, 2 cm, dan 0 cm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan makin panasnya suhu agregat kasar di lapangan terlebih pada kondisi hari panas pada  $\pm$  jam.13.00 WIB s/d jam  $\pm$  15.30 WIB, jika dalam pelaksanaan pekerjaan beton dilapangan agregat kasar tersebut tidak disiram air terlebih dahulu  $\pm$  12 jam sebelum penggunaan campuran beton, akan mengakibatkan makin rendahnya nilai slump, dan dapat merubah nilai faktor air semen (FAS) dari rencana semula, akibat adanya penguapan air dan penyerapan air oleh agregat kasar diwaktu pembuatan beton dilaksanakan. Pada Gambar 5.7 menunjukkan penggunaan agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ ,  $45^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$  terhadap nilai slump yang terjadi.



**Gambar 5.7** Grafik Nilai Slump Suhu Agregat Kasar

Pada Gambar 5.7 dapat dilihat *trend* pada grafik menunjukkan bahwa semakin tinggi penggunaan suhu agregat kasar pada campuran beton akan menyebabkan perubahan faktor air semen menjadi rendah, dan mengakibatkan nilai slump menjadi rendah, seperti pada penggunaan suhu agregat kasar 60<sup>0</sup>C yang mendekati nilai slump 0,0 Cm. Semakin rendah faktor air semen (FAS) yang terjadi akibat panas agregat kasar tersebut dan menyebabkan kekuatan mutu beton menjadi tinggi, namun dalam hal workabilitas harus sangat ekstra di lapangan untuk menghindari terjadinya rongga udara maupun pori pada beton yang menyebabkan terjadinya penurunan mutu beton yang dihasilkan.

Selain itu, faktor air semen (FAS) juga mempengaruhi jumlah pasta semen yang ada dalam beton. Makin rendah faktor air semen (FAS) akan mempengaruhi susunan gradasi beton seperti yang terlihat pada Gambar 5.8.



**Gambar 5.8** Bidang Patah dan Lepas Agregat Kasar Pada Sampel Beton  
( Dokumentasi, 2020 )

Pada Gambar 5.8 dapat dilihat banyaknya bidang lepas dari pada bidang patah agregat kasar pada sampel beton, hal ini menunjukkan bahwa lemahnya *interface* antara agregat kasar dengan pasta semen, sehingga agregat kasar cenderung lepas terhadap pasta semen (mortar) pada saat menerima beban dan membuat *interlocking* antara agregat kasar dan pasta semen tidak maksimal sehingga bidang *interface zone* juga sangat berpengaruh terhadap kekuatan mutu beton yang dihasilkan.

Dari hasil penelitian terhadap pengaruh suhu agregat kasar terhadap beton, dapat disimpulkan bahwa dengan tingginya nilai faktor air semen (FAS) mengakibatkan mutu beton menjadi rendah, namun bukan berarti dengan rendahnya nilai faktor air semen (FAS) akibat suhu agregat kasar yang tinggi mengakibatkan kekuatan beton akan semakin tinggi, dikarenakan akan kesulitan dalam hal *workability* dan *homogenitas* beton tersebut. Dimana menurut SNI 1972:2008 perihal pengujian slump, beton dengan nilai slump  $< 15$  mm tidak cukup plastis sehingga dalam pelaksanaan pekerjaan beton di lapangan harus hati-hati, sehingga kekuatan beton yang direncanakan tidak tercapai pada saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

#### 5.4 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Lentur Beton

Adapun hasil dan analisa pengujian kuat lentur terhadap suhu agregat kasar mencapai  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$

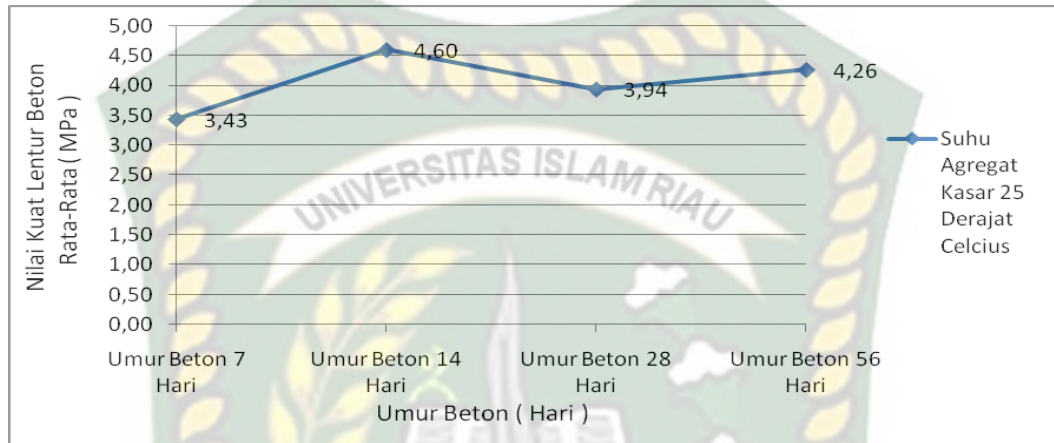
Dari hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Lentur Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )   | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ | 3,43                        | 4,60                       | 3,94                       | 4,26                       |

Dari Tabel 5.6 dapat dilihat hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,43 Mpa, 4,60 Mpa, 3,94 Mpa dan 4,26 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana , tidak terpenuhi nya mutu beton rencana, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,26 Mpa. Untuk lebih jelasnya dapat

dilihat pada Gambar 5.9 perihal grafik nilai uji kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.9** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$

Pada Gambar 5.9 dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) rencana yaitu 4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm. Namun pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari kekuatan rencana nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) pada suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$  tidak tercapai yaitu hanya sebesar 4,26 Mpa. Untuk bentuk sampel beton uji kuat lentur dapat dilihat pada gambar 5.10.



**Gambar 5.10** Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.10 dalam hal sampel beton untuk uji kuat lentur pada penggunaan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$  dapat dilihat dari segi visual menunjukkan tanpa ada keropos maupun pori pada dinding sampel, akibat workabilitas yang baik.

## 2. Pengujian Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}\pm 1$

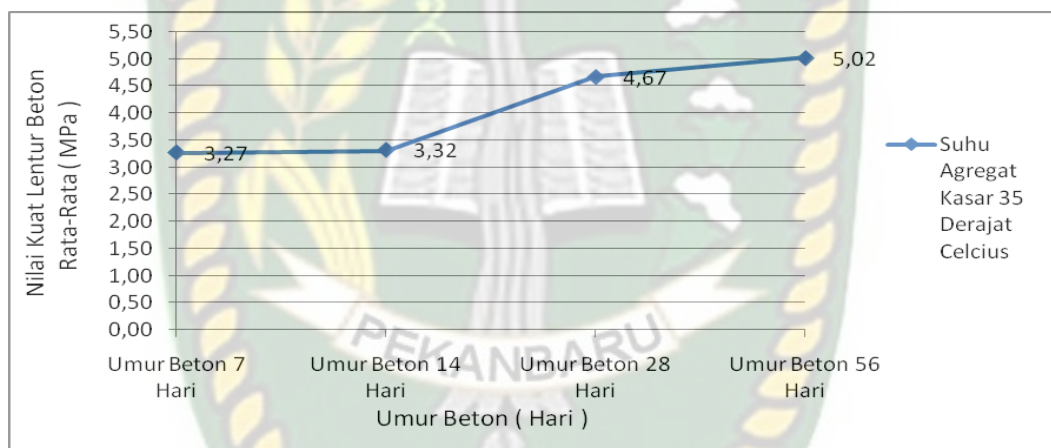
Dari hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Lentur Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )   | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 2  | Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ | 3,27                        | 3,32                       | 4,67                       | 5,02                       |

Dari Tabel 5.7 dapat dilihat hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh

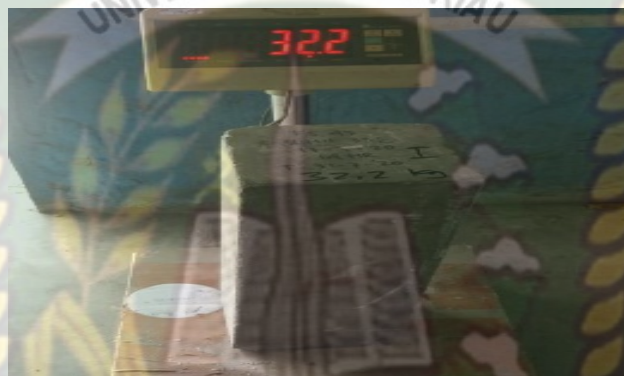
nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,27 Mpa, 3,32 Mpa, 4,67 Mpa dan 5,02 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana, tercapainya mutu beton yang direncanakan, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) suhu agregat kasar  $35^0C\pm 1$  sebesar 5,02 Mpa. Pada Gambar 5.11 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $35^0C\pm 1$ .



**Gambar 5.11** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $35^0C\pm 1$

Pada Gambar 5.11 dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) rencana yaitu 4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 5,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $25^0C\pm 1$  di dapat nilai slump 7,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari kekuatan rencana nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) pada suhu agregat kasar  $35^0C\pm 1$  tercapai yaitu sebesar 5,02 Mpa, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $25^0C\pm 1$  nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) rencana tidak tercapai

yaitu hanya sebesar 4,26 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah sehingga nilai kuat lentur agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Untuk bentuk sampel beton uji kuat lentur dapat dilihat pada gambar 5.12.



**Gambar 5.12** Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar  $35^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.12 dalam hal sampel beton untuk uji kuat lentur pada penggunaan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  dapat dilihat dari segi visual tanpa ada keropos maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang baik. Sehingga dalam hal pemadatan tidak terlalu sulit dan dapat menghindari penurunan mutu beton yang dihasilkan.

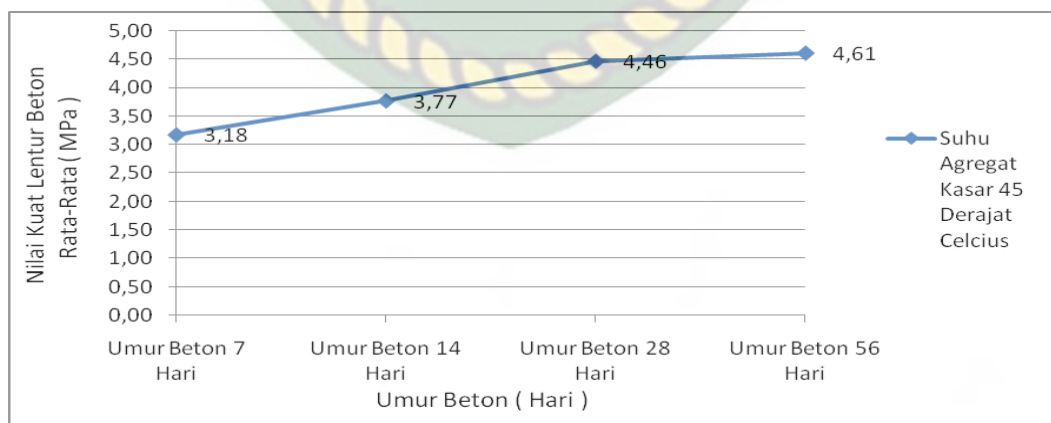
### 3. Pengujian Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

Dari hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Lentur Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )   | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 3  | Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ | 3,18                        | 3,77                       | 4,46                       | 4,61                       |

Berdasarkan Tabel 5.8 terhadap hasil pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,18 Mpa, 3,77 Mpa, 4,46 Mpa dan 4,61 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana, terpenuhi nya mutu beton yang direncanakan, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  sebesar 4,61 Mpa. Pada Gambar 5.13 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.13** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

Pada Gambar 5.13 dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) rencana yaitu 4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 2,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  di dapat nilai slump 5,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari kekuatan rencana nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) pada suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  tercapai yaitu sebesar 4,61 Mpa, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) juga tercapai yaitu sebesar 5,01 Mpa. Untuk bentuk sampel beton uji kuat lentur dapat dilihat pada gambar 5.14.



**Gambar 5.14** Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar  $45^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.14 dalam hal sampel beton untuk uji kuat lentur pada penggunaan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  dapat dilihat dari segi visual adanya keropos maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang kurang baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah dan seharusnya nilai kuat lentur agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Namun akibat berkurangnya kadar air akibat panas

agregat kasar mencapai suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  yang dapat ditinjau dari nilai slump rata-rata sebesar 2,0 Cm, dimana menurut SNI 1972:2008 beton dengan nilai slump  $< 15$  mm mungkin tidak cukup plastis sehingga sulit dalam hal pemadatan sehingga menyebabkan penurunan mutu beton.

4. Pengujian Kuat Lentur Beton Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

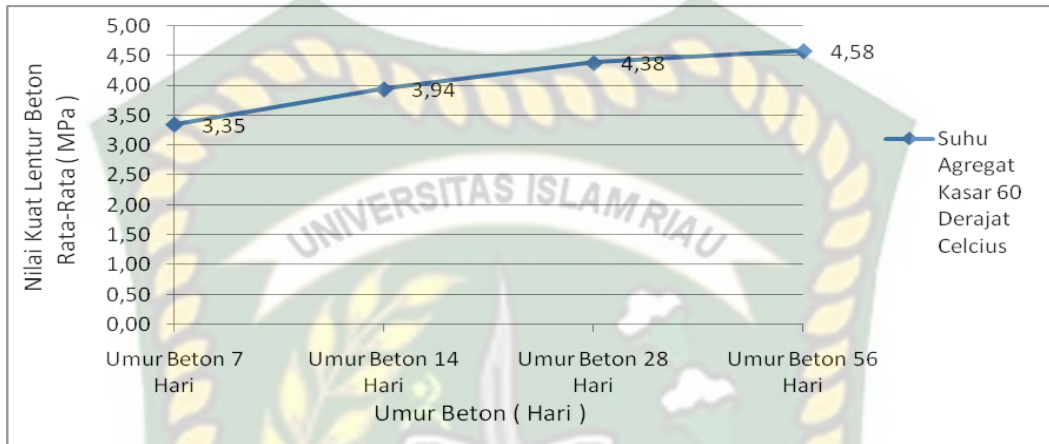
Dari hasil pengujian kuat lentur menggunakan suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9** Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Lentur Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )   | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 4  | Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ | 3,35                        | 3,94                       | 4,38                       | 4,58                       |

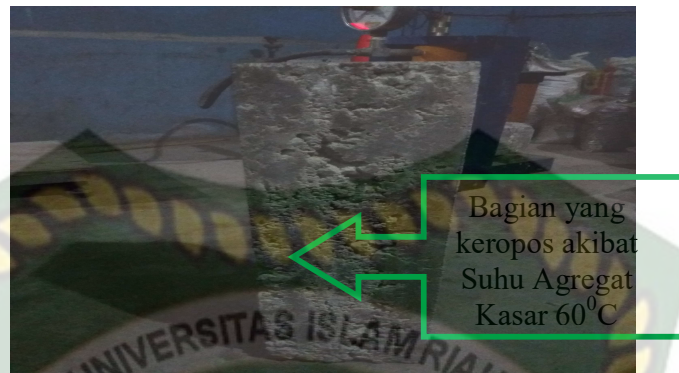
Berdasarkan Tabel 5.9 terhadap hasil pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,35 Mpa, 3,94 Mpa, 4,38 Mpa dan 4,58 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana, terpenuhi nya mutu beton yang direncanakan, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  sebesar 4,58 Mpa. Pada

Gambar 5.15 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.15** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

Pada Gambar 5.15 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) rencana yaitu 4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 0,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  di dapat nilai slump 2,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari kekuatan rencana nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) pada suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  tercapai yaitu sebesar 4,58 Mpa, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) juga tercapai yaitu sebesar 4,61 Mpa. Untuk bentuk sampel beton uji kuat lentur dapat dilihat pada gambar 5.16.



**Gambar 5.16** Bentuk Sampel Balok Suhu Agregat Kasar 60°C

Pada Gambar 5.16 dalam hal sampel beton untuk uji kuat lentur pada penggunaan suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  dapat dilihat dari segi visual adanya keropos maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang kurang baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah dan seharusnya nilai kuat lentur agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Namun akibat berkurangnya kadar air akibat panas agregat kasar mencapai suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  yang dapat ditinjau dari nilai slump rata-rata sebesar 0,0 Cm, dimana menurut SNI 1972:2008 beton dengan nilai slump  $< 15$  mm mungkin tidak cukup plastis sehingga sulit dalam hal pemadatan sehingga menyebabkan penurunan mutu beton.

##### 5. Analisa Pengujian Kuat Lentur Beton

Tujuan dari pengujian kuat lentur beton agar diketahui pengaruh suhu agregat kasar terhadap mutu beton yang dihasilkan. Dari hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) terhadap suhu agregat kasar yang mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix*

Formula (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat dilihat pada Tabel 5.10.

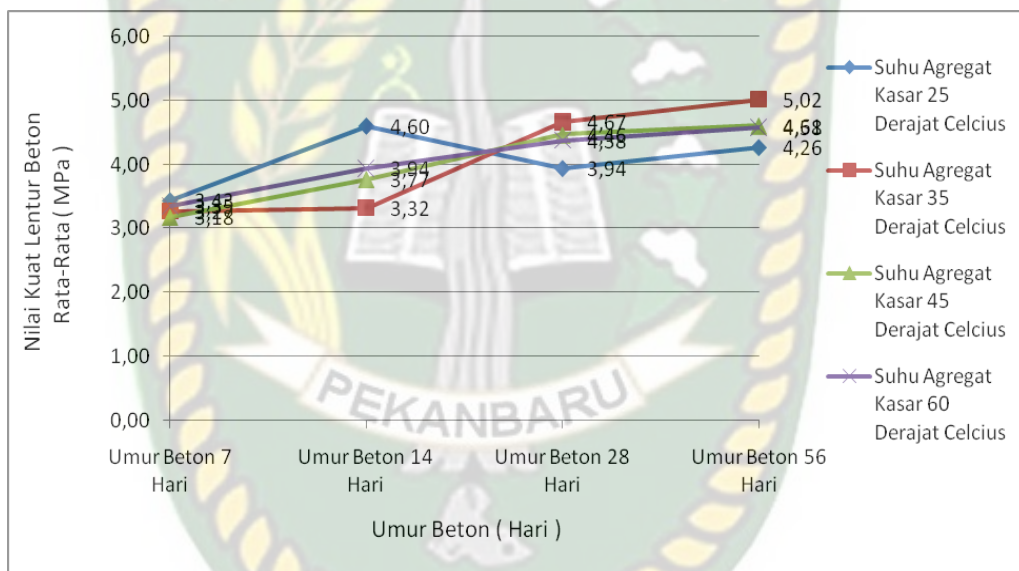
**Tabel 5.10** Hasil Pengujian Nilai Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Kuat Lentur Rata-Rata Benda Uji |                            |                            |                            |
|----|---|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )       | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ | 3,43                            | 4,60                       | 3,94                       | 4,26                       |
| 2  | Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ | 3,27                            | 3,32                       | 4,67                       | 5,02                       |
| 3  | Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ | 3,18                            | 3,77                       | 4,46                       | 4,61                       |
| 4  | Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ | 3,35                            | 3,94                       | 4,38                       | 4,58                       |

Dari Tabel 5.10 terhadap hasil pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,43 Mpa, 4,60 Mpa, 3,94 Mpa dan 4,26 Mpa, untuk pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,27 Mpa, 3,32 Mpa, 4,67 Mpa dan 5,02 Mpa.

Hasil pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,18 Mpa, 3,77 Mpa, 4,46 Mpa dan 4,61 Mpa dan hasil pengujian kuat lentur suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 3,35 Mpa, 3,94 Mpa, 4,38 Mpa dan 4,58 Mpa.

Berdasarkan Tabel 5.10 tersebut yang ditinjau terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan agregat kasar yang mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,26 Mpa, 5,02 Mpa, 4,61 Mpa dan 4,58 Mpa. Pada Gambar 5.17 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$ .



**Gambar 5.17** Grafik Nilai Uji Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$

Berdasarkan Gambar 5.17 dapat dilihat *trend* pada grafik yang menunjukkan bahwa diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) yang tertinggi pada penggunaan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar 5,02 Mpa dengan nilai slump 5,0 Cm.

Merujuk pada Gambar 5.7 mengenai grafik nilai slump suhu agregat kasar, makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton di lapangan, mengakibatkan hasil nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) menjadi tinggi. Hal ini disebabkan oleh

FAS (faktor air semen) berubah menjadi rendah dari rencana awal *Design Mix Formula* (DMF) , dimana pada penggunaan agregat kasar pada suhu 25<sup>0</sup>C nilai slump sebesar 7 cm, namun pada saat suhu agregat kasar mencapai 60<sup>0</sup>C di lapangan nilai slump menjadi 0 cm. Menurut Peraturan Beton Indonesia untuk nilai slump minimal dalam pembuatan beton adalah 2,5 Cm dan nilai slump paling tinggi 12,5 Cm. Menurut SNI 1972:2008, nilai slump umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Beton dengan nilai slump < 15 mm mungkin tidak cukup plastis sehingga dalam hal pelaksanaan pekerjaan di lapangan harus hati-hati, karena banyaknya faktor yang mempengaruhi nilai slump sehingga kekuatan beton yang direncanakan tidak tercapai pada saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Sehingga agregat kasar dengan suhu 45<sup>0</sup>C dan 60<sup>0</sup>C mengalami hasil penurunan mutu beton terhadap agregat kasar dengan suhu 35<sup>0</sup>C. Sedangkan agregat kasar dengan suhu 25<sup>0</sup>C mengalami hasil peningkatan mutu beton terhadap agregat kasar dengan suhu 35<sup>0</sup>C.

Menurut SNI 15-2049-2004 dingin harus diartikan suhu ruang, hangat suhu antara (30-40)<sup>0</sup>C, dan panas harus diartikan suhu dekat pada suhu air mendidih (90-95)<sup>0</sup>C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan makin tinggi nya suhu agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton mengakibatkan mutu beton tersebut menjadi lebih tinggi, namun dari segi pemadatan beton tersebut harus bekerja sangat ekstra untuk menghindari terjadinya rongga udara pada beton maupun terjadi retak

akibat hidrasi yang sangat cepat pada pengerasan awal umur beton, yang mengakibatkan mutu beton tersebut menjadi rendah.

### 5.5 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun hasil dan analisa pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap suhu agregat kasar mencapai  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$

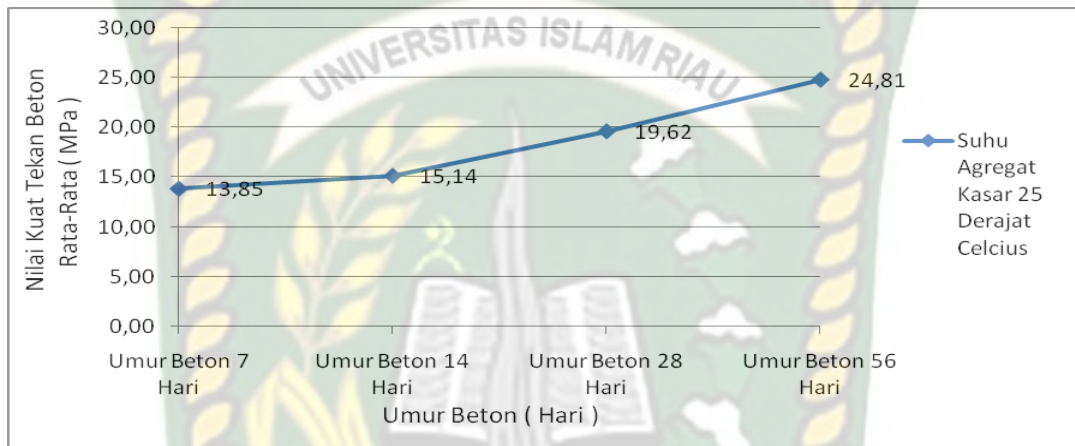
Dari hasil pengujian kuat tekan menggunakan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11** Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Tekan Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )  | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ | 13,85                      | 15,14                      | 19,62                      | 24,81                      |

Pada Tabel 5.11 dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 13,85 Mpa, 15,14 Mpa, 19,62 Mpa dan 24,81 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu

beton rencana , dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,81 Mpa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.18 perihal grafik nilai uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $25^0C\pm 1$ .



**Gambar 5.18** Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $25^0C\pm 1$

Pada Gambar 5.18 dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) rencana yaitu beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45$  Mpa) yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm. Ditinjau pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar  $25^0C\pm 1$  diperoleh sebesar 24,81 Mpa. Untuk bentuk sampel beton uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.19.



**Gambar 5.19** Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar 25<sup>0</sup>C

Pada Gambar 5.19 dalam hal sampel beton untuk uji kuat tekan pada penggunaan suhu agregat kasar 25<sup>0</sup>C±1 dapat dilihat dari segi visual tanpa ada keropos maupun pori pada dinding sampel, akibat workabilitas yang baik.

2. Pengujian Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar 35<sup>0</sup>C±1

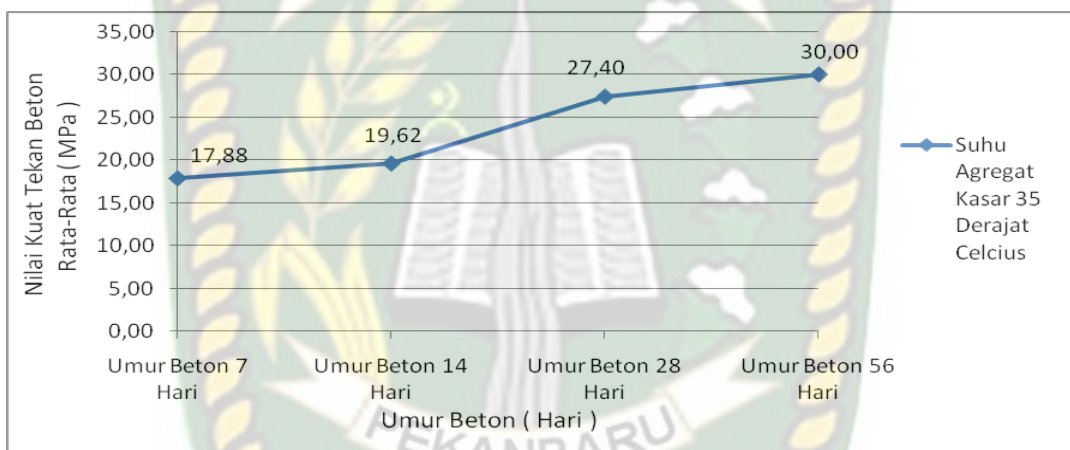
Dari hasil pengujian kuat tekan menggunakan suhu agregat kasar 35<sup>0</sup>C±1 pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12** Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar 35<sup>0</sup>C±1

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar             | Nilai Kuat Tekan Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |                                      | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )  | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 2  | Suhu Agregat Kasar 35 <sup>0</sup> C | 17,88                      | 19,62                      | 27,40                      | 30,00                      |

Dari Tabel 5.12 dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar 35<sup>0</sup>C±1 pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari, diperoleh

nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 17,88 Mpa, 19,62 Mpa, 27,40 Mpa dan 30,00 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana , dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 30,00 Mpa. Pada Gambar 5.20 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ .



**Gambar 5.20** Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$

Pada Gambar 5.20 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) rencana beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 5,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  di dapat nilai slump 7,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  sebesar 30,00 Mpa, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) hanya mencapai 24,81 Mpa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah sehingga nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Untuk bentuk sampel beton uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.21.



**Gambar 5.21** Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar  $35^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.21 dalam hal sampel beton untuk uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$  dapat dilihat dari segi visual tanpa ada keropos maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang baik. Sehingga dalam hal pemadatan tidak terlalu sulit dan dapat menghindari penurunan mutu beton yang dihasilkan.

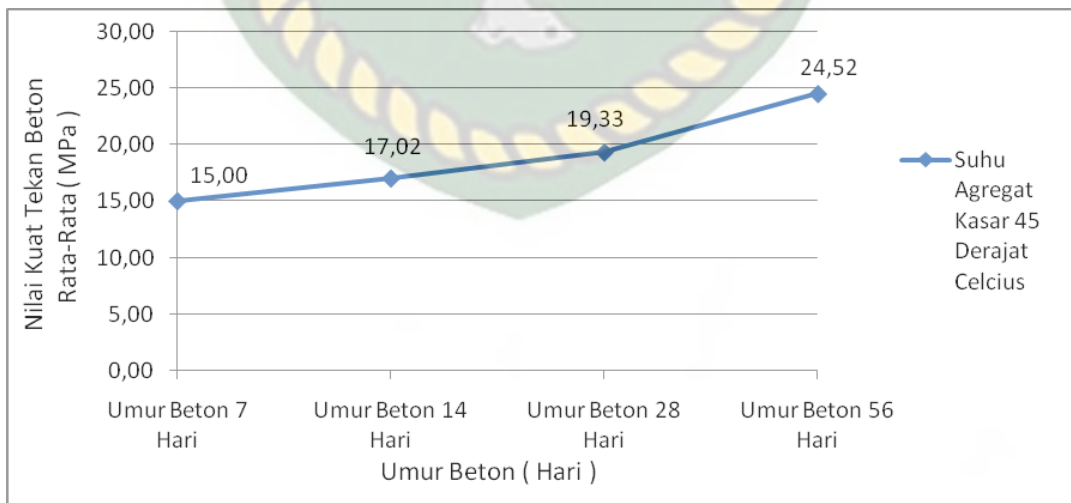
### 3. Pengujian Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

Dari hasil pengujian kuat tekan menggunakan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13** Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Tekan Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )  | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 3  | Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ | 15,00                      | 17,02                      | 19,33                      | 24,52                      |

Berdasarkan Tabel 5.13 terhadap hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 15,00 Mpa, 17,02 Mpa, 18,33 Mpa dan 24,52 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,52 Mpa. Pada Gambar 5.22 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.22** Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$

Pada Gambar 5.22 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) rencana beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 2,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  di dapat nilai slump 5,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  sebesar 24,52 Mpa, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) bisa mencapai 30,00 Mpa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah sehingga nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  lebih rendah dari pada agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ . Untuk bentuk sampel beton uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.14.



**Gambar 5.23** Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar  $45^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.23 dalam hal sampel beton untuk uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$  dapat dilihat dari segi visual adanya keropos

maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang kurang baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah dan seharusnya nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Namun akibat berkurangnya kadar air akibat panas agregat kasar mencapai suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  yang dapat ditinjau dari nilai slump rata-rata sebesar 2,0 Cm, dimana menurut SNI 1972:2008 beton dengan nilai slump  $< 15$  mm mungkin tidak cukup plastis sehingga sulit dalam hal pemadatan sehingga menyebabkan penurunan mutu beton.

4. Pengujian Kuat Tekan Beton Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

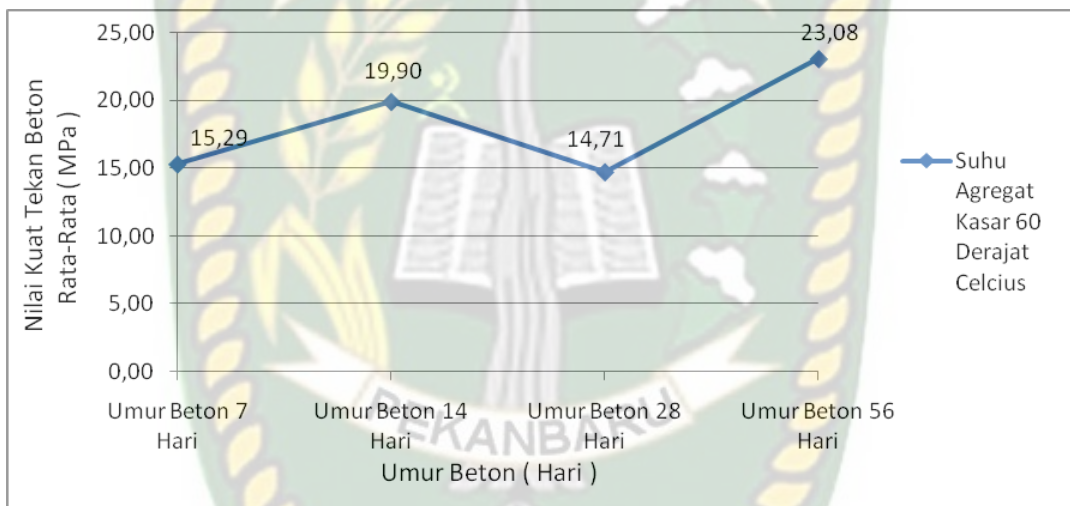
Dari hasil pengujian kuat tekan menggunakan suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan menggunakan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat di lihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5.14** Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Nilai Kuat Tekan Rata-Rata |                            |                            |                            |
|----|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )  | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 4  | Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ | 15,29                      | 19,90                      | 14,71                      | 23,08                      |

Berdasarkan Tabel 5.14 terhadap hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari diperoleh nilai

kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 15,29 Mpa, 19,90 Mpa, 14,71 Mpa dan 23,08 Mpa. Ditinjau terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) sesuai Tabel.4.1 terhadap mutu beton rencana, dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 23,08 Mpa. Pada Gambar 5.24 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $60^0\text{C} \pm 1$ .

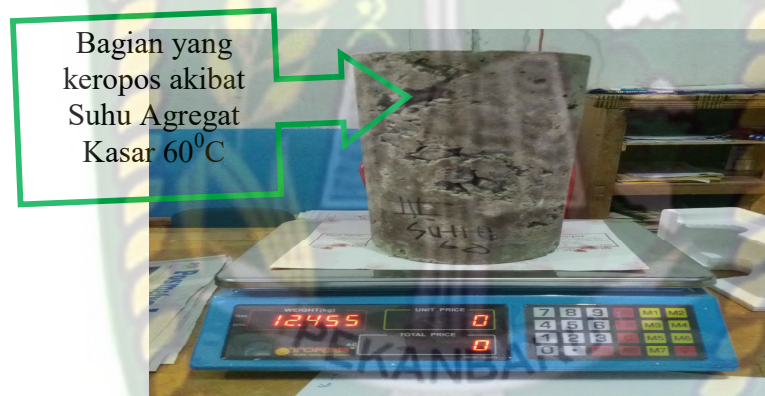


**Gambar 5.24** Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $60^0\text{C} \pm 1$

Pada Gambar 5.24 dapat dilihat bahwa dengan penggunaan faktor air semen rencana sebesar 0,4% dan terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) rencana beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1, diperoleh nilai slump sebesar 0,0 Cm, dimana sebelumnya dengan menggunakan suhu agregat kasar  $45^0\text{C} \pm 1$  di dapat nilai slump 2,0 cm. Pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) pada suhu agregat kasar  $60^0\text{C} \pm$  sebesar 23,08 Mpa, dimana sebelumnya dengan

menggunakan suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) bisa mencapai 24,52 Mpa.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah sehingga nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih rendah dari pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Untuk bentuk sampel beton uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.25



**Gambar 5.25** Bentuk Sampel Silinder Suhu Agregat Kasar  $60^{\circ}\text{C}$

Pada Gambar 5.25 dalam hal sampel beton untuk uji kuat tekan ( $f_c'$ ) dapat dilihat dari segi visual adanya keropos maupun pori pada dinding sampel akibat workabilitas yang kurang baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadi kehilangan air akibat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan menyebabkan faktor air semen (FAS) berubah menjadi rendah dan seharusnya nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  lebih tinggi dari pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ . Namun akibat berkurangnya kadar air akibat panas agregat kasar mencapai suhu  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  yang dapat ditinjau dari nilai slump rata-rata sebesar 0,0 Cm, dimana menurut SNI 1972:2008

beton dengan nilai slump < 15 mm mungkin tidak cukup plastis sehingga sulit dalam hal pemadatan sehingga menyebabkan penurunan mutu beton

#### 5. Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Tujuan dari pengujian kuat tekan beton agar diketahui pengaruh suhu agregat kasar terhadap mutu beton yang dihasilkan. Dari hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap suhu agregat kasar yang mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat dilihat pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15** Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Suhu Agregat Kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$

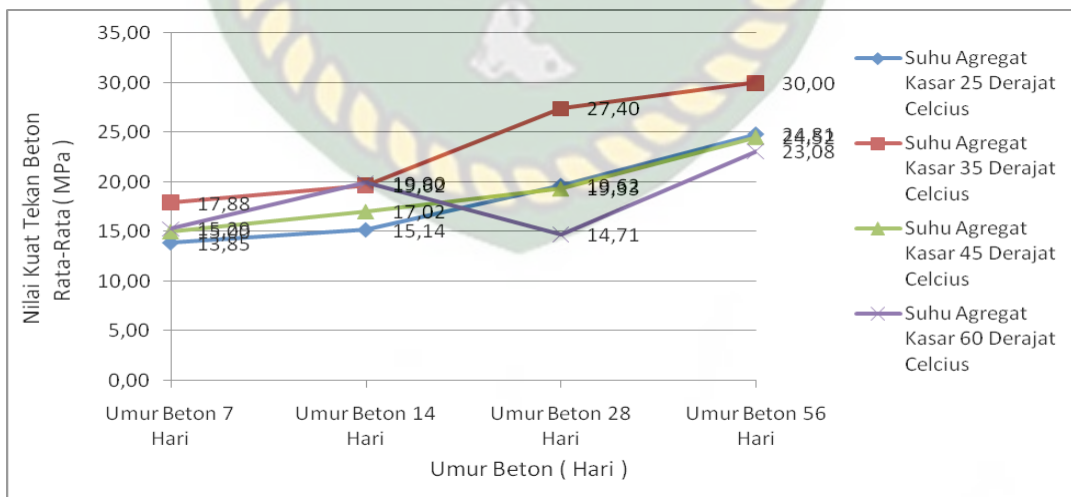
| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Kuat Tekan Rata-Rata Benda Uji |                            |                            |                            |
|----|---|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|    |   | Umur Beton 7 Hari ( Mpa )      | Umur Beton 14 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 28 Hari ( Mpa ) | Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ | 13,85                          | 15,14                      | 19,62                      | 24,81                      |
| 2  | Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ | 17,88                          | 19,62                      | 27,40                      | 30,00                      |
| 3  | Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ | 15,00                          | 17,02                      | 19,33                      | 24,52                      |
| 4  | Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ | 15,29                          | 19,90                      | 14,71                      | 23,08                      |

Dari Tabel 5.15 terhadap hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari, diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 13,85 Mpa, 15,14 Mpa, 19,62 Mpa dan 24,81 Mpa, untuk pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari,

28 hari , dan 56 hari, diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 17,88 Mpa, 19,62 Mpa, 27,40 Mpa dan 30,00 Mpa.

Hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari, diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 15,00 Mpa, 17,02 Mpa, 19,33 Mpa dan 24,52 Mpa dan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) suhu agregat kasar  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari , dan 56 hari, diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 15,29 Mpa, 19,90 Mpa, 14,71 Mpa dan 23,08 Mpa.

Berdasarkan Tabel 5.15 tersebut yang ditinjau terhadap nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan agregat kasar yang mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$  diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,81 Mpa, 30,00 Mpa, 24,52 Mpa dan 23,08 Mpa. Pada Gambar 5.26 dapat dilihat perihal grafik nilai uji kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.26** Grafik Nilai Uji Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Pada Penggunaan Agregat Kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$

Berdasarkan Gambar 5.26 dapat dilihat *trend* pada grafik yang menunjukkan bahwa diperoleh nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) yang tertinggi pada penggunaan suhu agregat kasar  $35^{\circ}\text{C}$  yaitu sebesar 30,00 Mpa dengan nilai slump 5,0 Cm.

Merujuk pada Gambar 5.7 mengenai grafik nilai slump suhu agregat kasar, makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton di lapangan, mengakibatkan hasil nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) menjadi tinggi. Hal ini disebabkan oleh FAS (faktor air semen) berubah menjadi rendah dari rencana awal *Design Mix Formula* (DMF) , dimana pada penggunaan agregat kasar pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  nilai slump sebesar 7 cm, namun pada saat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C}$  nilai slump menjadi 0 cm. Menurut Peraturan Beton Indonesia untuk nilai slump minimal dalam pembuatan beton adalah 2,5 Cm dan nilai slump paling tinggi 12,5 Cm.

Menurut SNI 1972:2008, nilai slump umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Beton dengan nilai slump  $< 15$  mm mungkin tidak cukup plastis sehingga dalam hal pelaksanaan pekerjaan di lapangan harus hati-hati, karena banyaknya faktor yang mempengaruhi nilai slump sehingga kekuatan beton yang direncanakan tidak tercapai pada saat pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Sehingga agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$  mengalami hasil penurunan mutu beton terhadap agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  mengalami hasil peningkatan mutu beton terhadap agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$ .

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton mengakibatkan mutu beton tersebut menjadi lebih tinggi, namun dari segi pemadatan beton tersebut harus bekerja sangat ekstra untuk menghindari terjadinya rongga udara pada beton maupun terjadi retak akibat hidrasi yang sangat cepat pada pengerasan awal umur beton, yang mengakibatkan mutu beton tersebut menjadi rendah.

### **5.6 Hubungan Slump Terhadap Kuat Lentur dan Kuat Tekan**

Dari hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) dan pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap suhu agregat kasar yang mencapai suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  terhadap penggunaan faktor air semen (FAS) serta komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa / komposisi campuran beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel.4.1 dapat diperoleh hubungan nilai slump dan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) serta nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap suhu agregat kasar yang ditinjau.

#### **5.6.1 Hubungan Slump Terhadap Kuat Lentur Pada Umur Beton 56 (lima Puluh Enam ) Hari**

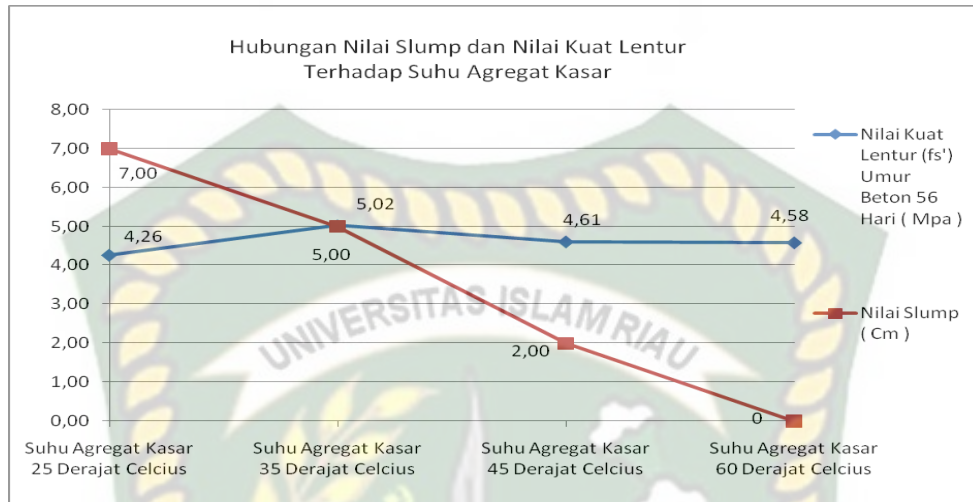
Berdasarkan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu  $f_s'$  4,5 Mpa yang merujuk pada Tabel 4.1 terhadap penggunaan agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari serta diperoleh nilai slump yang dapat dilihat pada Tabel 5.16.

**Tabel 5.16** Hubungan slump dan kuat lentur ( $f_s'$ ) terhadap suhu agregat kasar.

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar             | Hubungan Nilai Slump dan Nilai Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Terhadap Suhu Agregat Kasar |   |
|----|--------------------------------------|---|---|
|    |                                      | Nilai Slump ( Cm )  | Nilai Kuat Lentur ( $f_s'$ ) Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar 25 <sup>0</sup> C | 7,00  | 4,26  |
| 2  | Suhu Agregat Kasar 35 <sup>0</sup> C | 5,00  | 5,02  |
| 3  | Suhu Agregat Kasar 45 <sup>0</sup> C | 2,00  | 4,61  |
| 4  | Suhu Agregat Kasar 60 <sup>0</sup> C | 0,00  | 4,58  |

Berdasarkan Tabel 5.16 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton, akan mengakibatkan faktor air semen rencana berubah menjadi lebih rendah akibat penyerapan air yang tinggi oleh panas agregat kasar tersebut yang dapat ditinjau dari nilai slump. Penggunaan agregat kasar dengan suhu 25<sup>0</sup>C diperoleh nilai slump sebesar 7,00 Cm dan nilai pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 4,26 Mpa, Penggunaan agregat kasar dengan suhu 35<sup>0</sup>C diperoleh nilai slump sebesar 5,00 Cm dan nilai pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 5,02 Mpa.

Pada saat penggunaan agregat kasar dengan suhu 45<sup>0</sup>C terhadap campuran beton diperoleh nilai slump sebesar 2,00 Cm dan nilai pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 4,61 Mpa, serta pada saat penggunaan agregat kasar dengan suhu 60<sup>0</sup>C terhadap campuran beton diperoleh nilai slump sebesar 0,00 Cm dan nilai pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 4,58 Mpa. Pada Gambar 5.27 dapat dilihat perihal Grafik hubungan slump dan kuat lentur ( $f_s'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu 25<sup>0</sup>C $\pm$ 1, 35<sup>0</sup>C $\pm$ 1, 45<sup>0</sup>C $\pm$ 1 dan 60<sup>0</sup>C $\pm$ 1.



**Gambar 5.27** Grafik Hubungan slump dan kuat lentur ( $f_s'$ )

Berdasarkan Gambar 5.27 dapat dilihat *trend* pada grafik yang menunjukkan bahwa nilai slump menurun sebanding dengan faktor air semen dalam campuran beton akibat panas agregat kasar yang digunakan, namun berbanding terbalik terhadap kekuatan beton yang dihasilkan. Nilai slump juga dibatasi menurut Peraturan Beton Indonesia dimana nilai slump minimal dalam pembuatan beton adalah 2,5 Cm dan nilai slump paling tinggi 12,5 Cm. Untuk nilai slump < 2,5 Cm mungkin tidak cukup plastis sehingga bisa menyebabkan penurunan mutu beton yang dihasilkan.

Seperti pada agregat kasar suhu 25<sup>0</sup>C diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm dengan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,26 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu 35<sup>0</sup>C dengan nilai slump sebesar 5,0 Cm dan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 5,02 Mpa. Sehingga dengan rendahnya nilai slump pada agregat kasar suhu 35<sup>0</sup>C menyebabkan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) menjadi tinggi jika ditinjau dari agregat kasar suhu 25<sup>0</sup>C.

Terhadap agregat kasar suhu 35<sup>0</sup>C diperoleh nilai slump sebesar 5,0 Cm dengan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 5,02 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu 45<sup>0</sup>C dengan nilai slump sebesar 2,0 Cm dan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 4,61 Mpa. Seharusnya dengan makin rendahnya nilai slump pada agregat kasar suhu 45<sup>0</sup>C mengakibatkan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) menjadi tinggi, hal ini akibat tidak cukup plastis nya beton pada agregat kasar suhu 45<sup>0</sup>C dengan nilai slump 2,0 Cm dan menyebabkan penurunan mutu beton jika ditinjau dari agregat kasar suhu 35<sup>0</sup>C.

Begitu juga terhadap agregat kasar suhu 45<sup>0</sup>C diperoleh nilai slump sebesar 2,0 Cm dengan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,61 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu 60<sup>0</sup>C dengan nilai slump sebesar 0,0 Cm dan hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) diperoleh sebesar 4,58 Mpa. Seharusnya dengan makin rendahnya nilai slump pada agregat kasar suhu 60<sup>0</sup>C mengakibatkan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) menjadi tinggi, hal ini akibat tidak cukup plastis nya beton pada agregat kasar suhu 60<sup>0</sup>C dengan nilai slump 0,0 Cm dan menyebabkan penurunan mutu beton jika ditinjau dari agregat kasar suhu 45<sup>0</sup>C.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai slump pada beton akan mengakibatkan penurunan mutu beton, begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai slump yang digunakan pada beton akan menyebabkan mutu beton menjadi tinggi asal *workability* pada beton tersebut terpenuhi sehingga didapatkan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) secara maksimal terhadap mutu beton yang diinginkan.

### 5.6.2 Hubungan Slump Terhadap Kuat Tekan Pada Umur Beton 56 (lima Puluh Enam ) Hari

Berdasarkan komposisi *Design Mix Formula* (DMF) beton mutu sedang ( $20 \leq f_c' < 45 \text{ Mpa}$ ) yang merujuk pada Tabel 4.1 terhadap penggunaan agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari serta diperoleh nilai slump yang dapat dilihat pada Tabel 5.17.

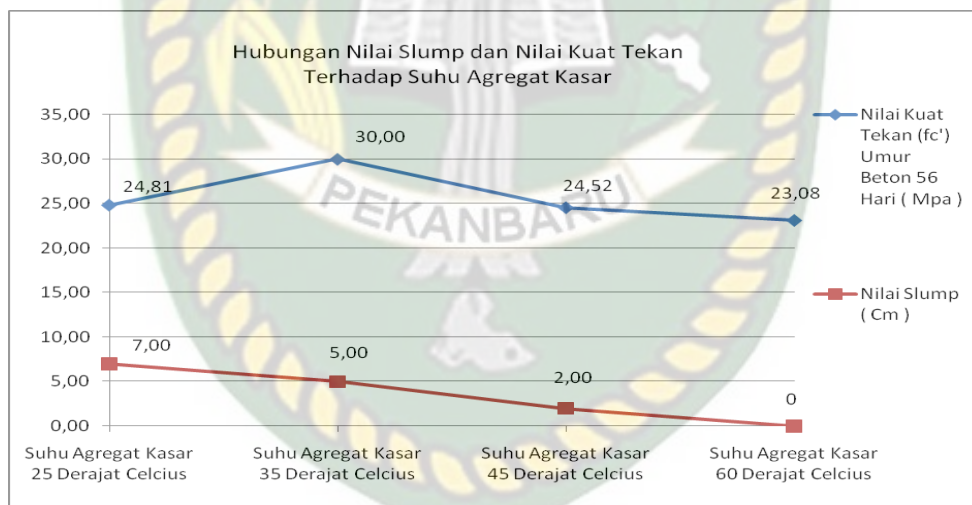
**Tabel 5.17** Hubungan slump dan kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap suhu agregat kasar.

| No | Jenis Suhu Agregat Kasar                | Hubungan Nilai Slump dan Nilai Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Terhadap Suhu Agregat Kasar |  |
|----|---|--|--|
|    |   | Nilai Slump ( Cm )   | Nilai Kuat Tekan ( $f_c'$ ) Umur Beton 56 Hari ( Mpa ) |
| 1  | Suhu Agregat Kasar $25^{\circ}\text{C}$ | 7,00   | 24,81  |
| 2  | Suhu Agregat Kasar $35^{\circ}\text{C}$ | 5,00   | 30,00  |
| 3  | Suhu Agregat Kasar $45^{\circ}\text{C}$ | 2,00   | 24,52  |
| 4  | Suhu Agregat Kasar $60^{\circ}\text{C}$ | 0,00   | 23,08  |

Berdasarkan Tabel 5.17 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton, akan mengakibatkan faktor air semen rencana berubah menjadi lebih rendah akibat penyerapan air yang tinggi oleh panas agregat kasar tersebut yang dapat ditinjau dari nilai slump. Penggunaan agregat kasar dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai slump sebesar 7,00 Cm dan nilai pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 24,81 Mpa, penggunaan agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$

diperoleh nilai slump sebesar 5,00 Cm dan nilai pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 30,00 Mpa.

Pada saat penggunaan agregat kasar dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}$  terhadap campuran beton diperoleh nilai slump sebesar 2,00 Cm dan nilai pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 24,52 Mpa, serta pada saat penggunaan agregat kasar dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  terhadap campuran beton diperoleh nilai slump sebesar 0,00 Cm dan nilai pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 23,08 Mpa. Pada Gambar 5.28 dapat dilihat perihal Grafik hubungan slump dan kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar Suhu  $25^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C}\pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C}\pm 1$  dan  $60^{\circ}\text{C}\pm 1$ .



**Gambar 5.28** Grafik Hubungan slump dan kuat tekan ( $f_c'$ )

Berdasarkan Gambar 5.28 dapat dilihat *trend* pada grafik yang menunjukkan bahwa nilai slump menurun sebanding dengan faktor air semen dalam campuran beton akibat panas agregat kasar yang digunakan, namun berbanding terbalik terhadap kekuatan beton yang dihasilkan. Nilai slump juga dibatasi menurut Peraturan Beton Indonesia dimana nilai slump minimal dalam pembuatan beton

adalah 2,5 Cm dan nilai slump paling tinggi 12,5 Cm. Untuk nilai slump  $< 2,5$  Cm mungkin tidak cukup plastis sehingga bisa menyebabkan penurunan mutu beton yang dihasilkan.

Seperti pada agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm dengan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,81 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}$  dengan nilai slump sebesar 5,0 Cm dan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 30,00 Mpa. Sehingga dengan rendah nya nilai slump pada agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}$  menyebabkan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) menjadi tinggi jika ditinjau dari agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}$ .

Terhadap agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai slump sebesar 5,0 Cm dengan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 30,00 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$  dengan nilai slump sebesar 2,0 Cm dan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 24,52 Mpa. Seharusnya dengan makin rendahnya nilai slump pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$  mengakibatkan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) menjadi tinggi, hal ini akibat tidak cukup plastis nya beton pada agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$  dengan nilai slump 2,0 Cm dan menyebabkan penurunan mutu beton jika ditinjau dari agregat kasar suhu  $35^{\circ}\text{C}$ .

Begitu juga terhadap agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$  diperoleh nilai slump sebesar 2,0 Cm dengan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,52 Mpa, namun terjadi penurunan nilai slump pada agregat kasar suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan nilai slump sebesar 0,0 Cm dan hasil pengujian kuat tekan ( $f_c'$ ) diperoleh sebesar 23,08 Mpa. Seharusnya dengan makin rendahnya nilai slump pada agregat kasar suhu  $60^{\circ}\text{C}$  mengakibatkan

nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) menjadi tinggi, hal ini akibat tidak cukup plastis nya beton pada agregat kasar suhu  $60^{\circ}\text{C}$  dengan nilai slump 0,0 Cm dan menyebabkan penurunan mutu beton jika ditinjau dari agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$ .

Slump yang rendah akan mengakibatkan adukan sulit untuk dipadatkan, sehingga workabilitas harus sangat ekstra melaksanakannya untuk menghindari hal seperti adanya void dan udara dalam beton, menghindari adanya segregasi pada beton, maupun terjadinya susut maupun retak pada beton. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai slump pada beton akan mengakibatkan penurunan mutu beton, begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai slump yang digunakan pada beton akan menyebabkan mutu beton menjadi tinggi asal *workability* pada beton tersebut terpenuhi sehingga didapatkan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) secara maksimal terhadap mutu beton yang diinginkan.

### 5.7 Pengaruh Suhu Agregat Terhadap Mutu Beton

Dari hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan agregat kasar pada suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  terhadap mutu beton yang terjadi, dapat disimpulkan bahwa dengan tingginya suhu agregat kasar yang terpapar panas matahari di lapangan, jika digunakan dalam pembuatan beton secara tidak langsung akan merubah faktor air semen (FAS) menjadi lebih rendah dari rencana semula. Hal ini disebabkan penyerapan dan penguapan air oleh panas agregat kasar di lapangan dimana suhu agregat kasar bisa mencapai  $59^{\circ}\text{C}$  pada siang hari dengan suhu lingkungan mencapai  $33^{\circ}\text{C}$ . Faktor air semen sangat berpengaruh terhadap hasil kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ),

dimana semakin tinggi faktor air semen yang digunakan dalam pembuatan beton, maka semakin rendah kekuatan mutu yang dihasilkan, namun sebaliknya semakin rendah faktor air semen yang digunakan dalam pembuatan beton akan menghasilkan mutu beton yang tinggi.

Perubahan faktor air semen (FAS) dapat ditinjau melalui nilai slump, dimana hasil pengujian kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan agregat kasar pada suhu  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  diperoleh nilai slump sebesar 7,0 Cm, 5,0 Cm, 2,0 Cm, dan 0,0 Cm. Nilai Slump mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan. Dengan makin tingginya suhu agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton, secara tidak langsung akan menyebabkan perubahan nilai slump menjadi lebih rendah dari rencana awal *Design Mix Formula* (DMF) maupun *Job Mix Formula* (JMF).

Nilai Slump yang tinggi akan menyebabkan mutu beton menjadi rendah, begitu juga sebaliknya jika nilai slump rendah akan menghasilkan mutu beton yang tinggi. Seperti yang terlihat pada Tabel 5.16 yang ditinjau berdasarkan nilai slump dan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) terhadap mutu beton yang dihasilkan serta Tabel 5.17 yang ditinjau berdasarkan nilai slump dan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) terhadap mutu beton yang dihasilkan pada penggunaan agregat kasar suhu  $25^{\circ}\text{C}$  diperoleh mutu beton yang lebih rendah dari pada penggunaan agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$ .

Namun bukan berarti dengan nilai slump yang rendah akan menghasilkan mutu beton yang tinggi, seperti yang terlihat pada Tabel 5.16 perihal hubungan slump dan kuat lentur ( $f_s'$ ) dan Tabel 5.17 hubungan slump dan kuat tekan ( $f_c'$ ), berdasarkan nilai slump terhadap mutu beton yang dihasilkan baik nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) pada penggunaan agregat kasar suhu  $45^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$  diperoleh mutu beton yang lebih rendah dari pada penggunaan agregat kasar dengan suhu  $35^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan dengan slump yang rendah mengakibatkan adukan sulit untuk dipadatkan, dimana nilai slump  $< 2,5$  cm tidak cukup plastis sehingga workabilitas harus sangat ekstra melaksanakannya untuk menghindari hal seperti adanya void dan udara maupun segregasi pada beton yang memicu penurunan mutu beton yang dihasilkan akibat pengaruh suhu agregat kasar.

## BAB.VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta pembahasan mengenai pengaruh suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ ,  $45^{\circ}\text{C} \pm 1$ , dan  $60^{\circ}\text{C} \pm 1$  terhadap kekuatan mutu beton yang dihasilkan baik terhadap kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) dapat disimpulkan sebagai berikut :

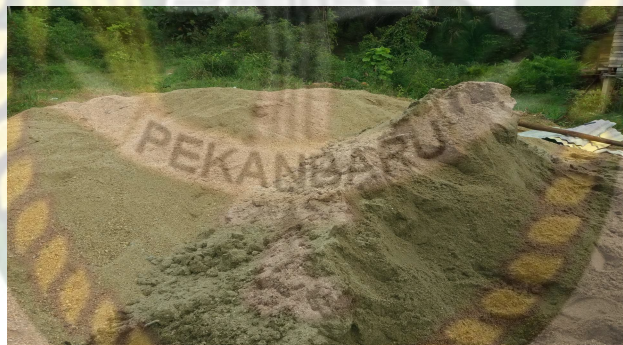
1. Pengaruh suhu agregat kasar di bawah  $30^{\circ}\text{C}$ , yaitu pada penggunaan suhu agregat kasar  $25^{\circ}\text{C}$  terhadap mutu beton yang dihasilkan pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,26 Mpa, dan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,81 Mpa dengan nilai slump 7,0 cm.
2. Terjadi kenaikan mutu beton yang dihasilkan pada penggunaan suhu agregat kasar di atas suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , yaitu pada saat suhu agregat kasar mencapai  $35^{\circ}\text{C}$ , dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 5,02 Mpa, dan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 30,00 Mpa dengan nilai slump 5,0 cm.
3. Terjadi penurunan mutu beton yang dihasilkan pada penggunaan suhu agregat kasar di atas suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , yaitu pada saat suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C}$ , dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,61 Mpa, dan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 24,52 Mpa dengan nilai slump 2,0 cm.

4. Terjadi penurunan mutu beton yang dihasilkan pada penggunaan suhu agregat kasar di atas suhu  $30^{\circ}\text{C}$ , yaitu pada saat suhu agregat kasar mencapai  $60^{\circ}\text{C}$ , dimana pada umur beton 56 (lima puluh enam) hari diperoleh nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) sebesar 4,58 Mpa, dan nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) sebesar 23,08 Mpa dengan nilai slump 0,0 cm.
5. Makin tinggi suhu agregat kasar yang digunakan terhadap campuran beton akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor air semen (FAS) dari rencana awal *Design Mix Formula* (DMF).
6. Akibat tingginya suhu agregat kasar terhadap campuran beton menyebabkan faktor air semen (FAS) dan nilai slump menjadi rendah sehingga mengakibatkan mutu beton menjadi tinggi seperti pada penggunaan agregat kasar pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$ , asal workabilitas pada beton terpenuhi dengan baik sehingga didapatkan nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun kuat tekan ( $f_c'$ ) secara maksimal terhadap mutu beton yang direncanakan.
7. Pada penggunaan suhu agregat kasar mencapai  $45^{\circ}\text{C}$  dan  $60^{\circ}\text{C}$  terhadap campuran beton didapat nilai slump  $< 2,5$  cm, sehingga menyebabkan penurunan mutu beton baik terhadap nilai kuat lentur ( $f_s'$ ) maupun nilai kuat tekan ( $f_c'$ ) akibat adukan beton sulit untuk dipadatkan.
8. Faktor panas pada agregat kasar di lapangan menyebabkan penyerapan air yang tinggi, sehingga beton menjadi keropos akibat workabilitas yang kurang baik. Hal ini menyebabkan terjadinya retak yang dapat menurunkan mutu beton.

9. Penurunan mutu beton juga dipengaruhi oleh bidang *interface zone*, yang merupakan daerah paling lemah pada beton akibat ikatan yang tidak sempurna antara agregat kasar dan pasta semen.

## 6.2 Saran

1. Hendaknya menutup agregat, baik itu agregat kasar maupun agregat halus sebelum digunakan dalam campuran beton agar kadar air pada agregat tersebut tidak mempengaruhi faktor air semen rencana, jika tidak dilakukan akan menyebabkan tingginya faktor air semen yang terjadi dan akan menimbulkan penurunan mutu beton yang hasilkan seperti yang terlihat pada Gambar 6.1 dan Gambar 6.2.



**Gambar 6.1** Agregat yang tidak dilindungi sebelum pemakaian pengecoran ( Dokumentasi, 2020 )



**Gambar 6.2** Agregat yang dilindungi sebelum pemakaian pengecoran  
( Dokumentasi, 2020 )

2. Menghindari pengecoran beton di siang hari, khususnya daerah yang beriklim panas, dikarenakan suhu agregat kasar pada saat itu bisa mencapai  $45^{\circ}\text{C}$  s.d  $60^{\circ}\text{C}$  dan mengakibatkan FAS menjadi rendah akibat penguapan air sehingga workabilitas pada saat pelaksanaan tidak menjadi baik dan mengakibatkan mutu beton menjadi turun, kecuali sudah dilakukan *Job Mix Formula* (JMF) terlebih dahulu terhadap kehilangan air akibat panas suhu agregat kasar.
3. Jika memang harus melakukan pengecoran beton di siang hari pada kondisi suhu lingkungan mencapai  $33^{\circ}\text{C}$ , hendaknya menambahkan bahan zat aditif untuk menghindari kehilangan faktor air semen (FAS) rencana akibat pengaruh panas suhu agregat kasar di lapangan yang akan digunakan selama pengecoran beton di siang hari.
4. Disarankan untuk penelitian lebih lanjut perihal pengaruh suhu agregat kasar terhadap mutu beton yang dihasilkan yang ditinjau dari penggunaan jenis semen serta ditunjang dengan tenaga dan peralatan laboratorium yang mendukung.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI, 2007. *Specification for Hot Weather Concreting* : American Concrete Institute.
- ACI 305R-99, 2000. *Hot Weather Concreting* : American Concrete Institute.
- ACI 207.1R-05, 2006. *Guide to Mass Concrete* : American Concrete Institute.
- Anshar, M., Tjaronge,W., Djamaluddin,R., Amiruddin,A.A.,2018, *Panas Hidrasi Beton Massa Yang Menggunakan Semen Portland Komposit*. Prosiding Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil(KNPTS), Oktober 2018.
- Endarto,M,R., dan Zulfiar,M,H., 2010, *Kajian Eksperimen Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan Agregat Bambu dan Bahan Tambah Beton*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika Vol. 13, No.1,12-20, Mei 2010.
- Harahap,D. dan Hariyanto,B., 2013, *Pengaruh varian suhu air campuran beton terhadap kuat tekan karakteristik beton*. Jurnal Fondasi Volume 2 Nomor 2, 2013.
- Luthfi,M., Daniaty,D., Nuroji., Priastiwi,Y,A., (2017), *Pengaruh Gradasi Pasir Dan Faktor Air Semen Pada Mortar Terhadap Kekuatan Beton Prepacked*. Jurnal Karya Teknik Sipil Vol.6,No.1, 2017.
- Nawi,E,G.,1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung, Pt Refika Aditama.
- Puri,A., 2019, *Jalan dengan Perkerasan (Paved Roads); Perkerasan kaku pada tanah lunak, Bahan Kuliah Perancangan Jalan pada Tanah Lunak MT-22015*, Dosen Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.
- Rahmani,H. dan Gazali,A., 2019, *Pengaruh Suhu Bahan Campuran Terhadap Sifat dan Mutu Beton Dalam Pelaksanaan Drainase Jalan pada Daerah Terpencil di Provinsi Kalimantan Selatan*. Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas Vol.3,Sup.1, Juni 2019.
- Sardjoe,D. dan Godinho,M.F.,(2018), *Pengaruh Kenaikan Temperatur Terhadap Kualitas Beton*. Isu Teknologi STT Mandala Vol.13, 1 Juli 2018.
- Sukirman, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

- Sugiri,S., Saloma, Yulianti,R,C., (2007), *Persamaan Korelasi Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi dengan Agregat Alami dan Slag Nikel*. Jurnal Sipil Statik Vol.14,No1, Januari 2007.
- Sugiri,S., (2005), *Penggunaan Terak Nikel sebagai Agragat dan Campuran Semen untuk Beton Mutu Tinggi*. Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan Binaan Vol.1,No1, Juni 2005.
- SNI, 1970:2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 1969:2008. *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat Kasar*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 2417:2008. *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 4431:2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta : Balitbang. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 15-0302:2004. *Semen portland pozolan*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI, 15-7064:2004. *Semen portland komposit*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI,15-2049-2004. *Semen portland*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional. Dinas Pekerjaan Umum.
- SNI,1972:2008. *Cara uji slump beton*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional. Dinas Pekerjaan Umum.
- Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga No. 02/SE/Db/2018 tanggal 20 September 2018 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.

- Wiyono,S., 2019, *Sifat dan Bahan Perkerasan Jalan, Bahan Kuliah Geometrik dan Teknik Perkerasan Jalan Lanjutan*, Guru Besar Bidang Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.
- Wiyono,S., 2020, *Kajian Pengendalian Mutu Pelaksanaan Pekerjaan Perkerasan Jalan Beton (Seri 2), Bahan Seminar Online Barrataga Series 013*, Guru Besar Bidang Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau , 25 Juli 2020.
- Wiyono,S., Zuhendri, Alfajrizal,M., Puri,A., 2018, *Kajian Perbandingan Penggunaan Berbagai Merek Semen Dengan Dan Tanpa Perawatan Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku*, Volume 18 Nomor 2, Oktober 2018.
- Wallah,V,I,K,S,E., Tamboto,W,J., Pandaleke,R., (2013), *Pengaruh Variasi Suhu Pada Perawatan Elevatedtemperature Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton*. Jurnal Sipil Statik Vol.1, Juni 2013.
- Widjoko,L., 2010, *Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar*. Jurnal Teknik Sipil UBL Vol.1-No.1, Oktober 2010.