

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN



### OPTIMASI PENGGUNAAN FLY ASH DENGAN KADAR SEMEN MINIMUM PADA BETON MUTU TINGGI

**OLEH :**

**Mohammad Erfan, ST, MT**

**Sriliani Surbakti, ST, MT**

**Nenny Roostrianawaty, ST, MT**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA  
MASYARAKAT INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH INTERNAL**

Judul : Optimasi Penggunaan 'Fly Ash' Dengan Kadar Semen Minimum Pada Beton Mutu Tinggi

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap & Gelar : Mohammad Erfan, ST., MT  
NIDN / NIP : 0726017704 / P. 1031500508  
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan / Teknik Sipil S-1  
Alamat Surel (E-mail) : mohammaderfan@ftsp.itn.ac.id  
No. HP : 08125294033  
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

**Anggota (1)**

Nama Lengkap & Gelar : Sriiani Surbakti, ST., MT  
NIDN / NIP : 0723077402 / P. 1031500509  
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan / Teknik Sipil S-1

**Anggota (2)**

Nama Lengkap & Gelar : Nenny Roostrianawaty, ST., MT  
NIDN / NIP : 0721067502 / P. 1031500533  
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan / Teknik Sipil S-1

Institusi Mitra (jika ada) :  
Nama Institusi Mitra :  
Alamat Institusi Mitra :  
Penanggung Jawab :  
Tahun Pelaksanaan : 2019  
Biaya Keseluruhan : Rp. 5.000.000,00



Malang, 31 Januari 2020  
Ketua,

(Mohammad Erfan, ST, MT)  
NIP. P. 1031500508

Dicetak oleh: Mohammad Erfan, ST., MT Tgl. 31/01/2020



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Dengan kemajuan yang sangat pesat pada teknologi pembuatan beton saat ini, maka beton kini sudah dapat dipakai juga pada segala jenis konstruksi. Selain itu teknologi pembuatan beton pun sangat maju dan banyak terdapat inovasi-inovasi baru dalam merencanakan suatu campuran beton. Untuk konstruksi bangunan yang memerlukan beton dengan kualitas atau mutu yang tinggi erat kaitannya dengan suatu campuran beton yang memiliki komposisi ideal.

Saat ini campuran beton mulai banyak memanfaatkan limbah sebagai bahan campuran beton, contohnya limbah dari hasil pembakaran batu bara pada pembakar listrik tenaga uap (PLTU), PLTU sangat banyak menghasilkan limbah dari hasil pembakaran batu bara yang biasa disebut abu terbang (fly ash) dalam jumlah besar dan dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Hal ini dapat menjadi suatu alternatif untuk memanfaatkan limbah yang dihasilkan agar dapat mengurangi tingkat pencemaran yang ada terhadap lingkungan.

Seiring berjalannya waktu, kini beton secara masif semakin banyak digunakan sebagai bahan utama bangunan. Beton tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan beberapa material atau bahan seperti semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), air dan bahan tambahan lainnya yang mungkin diperlukan dalam proses pembuatan beton. Bahan tambahan lain yang dapat dipakai dan menjadi solusi alternatif salah satunya adalah abu terbang (fly ash). Abu terbang (fly ash) dapat digunakan sebagai bahan yang dapat mengganti peran dari semen dikarenakan memiliki sifat cementitious dan juga pozzolanik.

Penggunaan semen dalam jumlah besar sering diterapkan pada proses pembuatan beton mutu tinggi dikarenakan fungsi semen sebagai pengikat yang dapat mempengaruhi maupun menentukan nilai kuat tekan beton. Oleh karena itu,

untuk dapat menghasilkan suatu beton dengan mutu tinggi tanpa harus menggunakan semen dalam jumlah besar, maka perlu merencanakan suatu campuran beton mutu tinggi dengan menggunakan semen seminimum mungkin dan menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti semen yang akan membantu semen dalam proses pengerasan sehingga tercapai beton dengan mutu yang diinginkan. Di Indonesia, konsep pemakaian fly ash dan penggunaan kadar semen yang rendah dalam campuran beton mutu tinggi untuk struktur bangunan konstruksi teknik sipil masih belum banyak dikenal dan belum banyak diaplikasikan. Hal ini dikarenakan beton mutu tinggi lebih mudah tercapai dengan menggunakan semen dalam jumlah besar namun tidak memiliki nilai ekonomis yang baik dalam suatu campuran beton.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Adakah pengaruh optimasi penggunaan fly ash pada beton mutu tinggi ?
2. Berapa persentase optimum penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ?
3. Berapa kuat tekan beton umur 28 hari yang dapat dicapai dari persentase optimum penggunaan fly ash dengan pada beton mutu tinggi ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka diperoleh tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh optimasi penggunaan fly ash pada beton mutu tinggi.
2. Untuk mengetahui kadar optimum fly ash pada beton mutu tinggi.
3. Untuk mengetahui kuat tekan beton pada umur 28 hari yang dapat dicapai dari persentase optimum penggunaan fly ash dengan pada beton mutu tinggi.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Dapat memberikan kesempatan dan konstribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya optimasi penggunaan fly ash pada beton mutu tinggi.
2. Dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang penggunaan fly ash dalam campuran, sebagai pertimbangan pemilihan alternatif untuk menghasilkan beton mutu tinggi yang efisien serta ramah lingkungan.
3. Memanfaatkan limbah dari hasil pembakaran batu bara dan mengurangi pemakaian semen, sehingga dapat dihasilkan beton mutu tinggi yang ramah lingkungan dan ekonomis.

## 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan, diperlukannya batasan masalah agar maksud dan tujuan yang diinginkan tercapai. Adapun batasan – batasan masalah tersebut adalah :

1. Mutu beton yang direncakan adalah  $f'_c$  50 Mpa.
2. Fly Ash yang digunakan adalah sisa pembakaran batu bara di PLTU Paiton Probolinggo.
3. Semen yang digunakan adalah semen Tiga Roda tipe OPC.
4. Agregat kasar dari Pasrepan Pasuruan.
5. Agregat halus adalah pasir cor Pasirian - Lumajang.
6. Metode campuran menggunakan SNI
7. Variasi prosentase fly ash adalah 30%, 35%, 40%, 45%, 50%
8. Uji tekan sampel dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.
9. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 15 x 30 cm.

## 1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara dari pertanyaan yang diajukan dalam rumusan masalah. Oleh karena jawaban sementara ini masih

kurang lengkap, sehingga diperlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu :

1. Hipotesis nol ( $H_0$ ) artinya menyatakan tidak adanya pengaruh yang signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ( $F'c$  50 MPa).
2. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) artinya menyatakan adanya pengaruh yang signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ( $F'c$  50 MPa).

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

Dimana:

$\mu$  = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

$\mu_1$  = Prosentase nilai kuat tekan dengan penambahan Fly Ash 30%

$\mu_2$  = Prosentase nilai kuat tekan dengan penambahan Fly Ash 35%

$\mu_3$  = Prosentase nilai kuat tekan dengan penambahan Fly Ash 40%

$\mu_4$  = Prosentase nilai kuat tekan dengan penambahan Fly Ash 45%

$\mu_5$  = Prosentase nilai kuat tekan dengan penambahan Fly Ash 50%

Dengan menggunakan 15 benda uji pada masing-masing persentase.

---

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu yang merokomendasikan penelitian ini dalam hal mengembangkan abu terbang (fly ash) pada campuran beton. Ada pun penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut :

- a) "Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (fly ash) dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Subtitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton" (Alfian Hendri Umboh, dkk., 2014)

Pada tahun 2014 Alfian Hendri Umboh dkk, melakukan penelitian memanfaatkan limbah abu terbang (Fly ash) yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu terbang (fly ash) terhadap kuat tekan beton mutu normal. Untuk tipe abu terbang yang digunakan yaitu kelas C. Komposisi variasi penambahan abu terbang (fly ash) sebanyak 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% dari berat semen. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk selinder, yang diuji pada umur 7, 14, 21, 28 hari dan masing-masing variasi sebanyak 16 sampel.

Berdasarkan hasil pengujian, penambahan persentase abu terbang (fly ash) sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, 70% memiliki nilai kuat tekan tertinggi pada persentase abu terbang (fly ash) 30% yaitu sebesar 24,18 MPa untuk beton umur 28 hari dan nilai kuat tekan terendah pada persentase abu terbang (fly ash) 70% yaitu sebesar 3,645 MPa untuk umur beton 7 hari.

- b) "Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (fly ash) Dalam Beton Mutu Tinggi" (Heri Suprapto, Mardiono, 2010)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan beton mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian semen dengan abu terbang (fly ash) terhadap mutu kuat tekan beton. Komposisi penggantian semen dengan abu terbang (fly ash) sebanyak 0%,

10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat semen, dengan penambahan Superplasticizer Sika Viscocrete 10 sebanyak 1% dan faktor air semen ditentukan sama pada semua variasi campuran. Sampel yang digunakan adalah berbentuk kubus (15cm X 15cm X 15cm), mutu beton yang direncanakan 40 Mpa pada umur 28 hari. Dari penelitian dipeoleh bahwa kuat tekan beton yang tertinggi terdapat pada campuran beton penggantian semen dengan Fly Ash 10% (B10), yaitu sebesar 41,57 Mpa dan kuat tekan beton yang terendah terdapat pada campuran beton dengan Fly Ash 40% (B40), yaitu sebesar 33,91 MPa.

- c) “Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Beton Mutu Tinggi dengan Silica Fume dan Filler Pasir Kwarsa” (Marsianus Danasi, dkk., 2014)

Fly Ash dan Silica Fume merupakan bahan posolan yang banyak dipakai pada beton mutu tinggi, sedangkan pasi kwarsa oleh karena ukuran partikelnya sangat kecil maka diharapkan dapat mengisi rongga-rongga didalam beton. kadar silica fume dan pasir kwarsa yang ditambahkan dibuat konstan sebanyak 10% dari berat semen dan kadar superplasticizer yang ditambahkan sebesar 2% dari berat semen. Sedangkan fly ash yang digunakan bervariasi yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% terhadap berat semen. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan menggunakan benda uji silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sedangkan pengujian modulus elastisitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan rerata beton mutu tinggi pada umur 28 hari dengan variasi fly ash 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% berturut-turut adalah 37,69 MPa, 75,06 MPa, 64,30 MPa, 60,92 MPa, 58,32 MPa, dan 66,11 MPa. Kuat tekan beton maksimum terjadi pada penambahan fly ash sebesar 5% yang dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 99,15% dari beton tanpa fly ash. Sedangkan nilai modulus elastisitas rerata beton mutu tinggi pada umur 28 hari dengan variasi fly ash yang sama berturut-turut adalah 32.059,9294 MPa,

36.204,1322 MPa, 35.510,8152 MPa, 34.969,4492 MPa, 33.276,9639 MPa, dan 36.893,6286 MPa. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada penambahan fly ash sebesar 25% yang dapat meningkatkan modulus elastisitas beton sebesar 15,08% dari beton tanpa fly ash.

Penelitian yang akan dilakukan pada proposal skripsi ini ialah menghasilkan suatu beton mutu tinggi tanpa menggunakan jumlah semen sangat besar dengan cara mengecilkan kadar air bebas atau jumlah air pencampur sehingga dapat menurunkan jumlah semen lebih kecil, serta memanfaatkan limbah pembakaran batu bara (fly ash) sebagai bahan pengganti semen. Selain itu untuk ukuran agregat digunakan, agregat dengan diameter maksimum 20 mm, perbandingan agregat halus dibuat lebih besar dari agregat kasar agar dapat menghasilkan suatu beton dengan nilai slump yang flow untuk mempermudah proses penggerjaan.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Definisi Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi (high strength concrete) menurut SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa ( $F'_c \geq 41,4 \text{ MPa}$ ).

Beton mutu tinggi bermanfaat pada pracetak dan pratekan. Pada bangunan tinggi untuk mengurangi beban mati.

### 2.2.2 Material Penyusun Beton Mutu Tinggi

Material penyusun pada beton mutu tinggi sebenarnya tidaklah jauh berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Namun untuk beton mutu tinggi biasanya ditambahkan beberapa bahan lain untuk mencapai kekuatan beton yang tinggi. Berikut karakteristik dari setiap bahan yang akan digunakan.

## 1. Semen Portland

Semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Menurut SNI 15-2049-2004 semen portland dibedakan menjadi 5 jenis atau tipe yaitu :

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

Menurut Mulyono (2003), Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Tidak hanya semen tetapi juga dibantu dengan suplemen bahan sementitious seperti Pulverized Fly Ash (PFA), Ground Granulated Blast-Furnace Slag (GGBS) atau Condensed Silika Fume (CSF). Sering campuran tripel semen biasa + PFA atau GGBS + CSF dipakai. Umumnya

PFA atau GGBS sekitar 20-40% dan CSF 5-10 dari total berat semen. Paul Nugraha dan Antoni (2007).

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5mm- 40mm. (SNI 03-2834-2000)

## 3. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0mm. (SNI 03-2834-2000)

## 4. Air

Menurut Mulyono (2003), Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

## 5. Abu Terbang (Fly ash)

Abu terbang (Fly Ash) adalah residu halus yang dihasilkan dari pembakaran atau pembubukan batu bara dan ditransportasikan oleh aliran udara panas. (SNI 2460-2014).

Menurut Paul Nugraha dan Antoni (2007), mutu Fly Ash tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya. Abu terbang (Fly Ash) mempunyai kadar semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik. Kandungan Fly Ash sebagian besar terdiri dari silikat oksida

( $\text{SiO}_2$ ), aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan calcium ( $\text{CaO}$ ), serta potassium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit.

Kandungan kimia yang terdapat didalam fly ash dapat mempengaruhi kekuatan beton jika fly ash tersebut digunakan sebagai bahan campuran pembuatan beton. Fly ash jika dilihat secara visual terdapat beberapa perbedaan warna, contohnya ada fly ash yang berwarna coklat dan juga ada yang berwarna lebih kehitaman atau abu-abu.

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik dari Material Pozzolan

Material	Ukuran rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	Luas permukaan ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Bentuk partikel	Massa jenis (specific gravity)
Semen portland	10-15	<1	Angular, irregular	3,2
Pozzolan alamiah	10-15 setelah dihaluskan	<1	Angular, irregular	bervariasi
Fly ash (F dan C)	10-15	1-2	Mostly spherical	2,2-2,4
Silika fume	0,1-0,3	15-25	Spherical	2,2
Rice husk ash	10-20 setelah dihaluskan	50-100	Cellular, irregular	<2,0
Calcined clay (metakolin)	1-2	15	Platey	2,4

Sumber : Paul Nugraha dan Antoni (2007)

Selain itu penggunaan abu terbang (Fly Ash) dalam campuran beton memiliki berbagai keunggulan, yaitu :

- a. Pada beton segar
  - 1. Kehalusan dan bentuk fly ash yang bulat dapat meningkatkan workability.
  - 2. Mengurangi terjadinya bleeding dan segregasi.
- b. Pada beton keras
  - 1. Kontribusi peningkatan kuat tekan beton pada umur setelah 52 hari.
  - 2. Meningkatkan durabilitas beton
  - 3. Meningkatkan kepadatan (density) beton.
  - 4. Mengurangi penyusutan beton.

Adapun klasifikasi dari abu terbang menurut (SNI 2460-2014) adalah sebagai berikut :

- 1) Kelas N adalah posolan alam mentah atau telah dikalsinasi memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas N, misalnya beberapa tanah diatomae (hasil lupukan); batu rijang opalan dan serpih; tufa dan abu vulkanik atau batu apung, dikalsinasi atau tidak, dan berbagai bahan yang memerlukan kalsinasi untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan, misalnya lempung dan serpih.
- 2) Kelas F adalah abu terbang dari batu bara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas F. Abu terbang kelas F mempunyai sifat pozolanik, biasanya dihasilkan dari pembakaran antrasit atau batu bara bituminous, tetapi dapat juga dihasilkan dari batu bara subbituminous dan lignite.
- 3) Kelas C adalah abu terbang dari batu bara memenuhi persyaratan yang berlaku untuk kelas C. Abu terbang kelas C memiliki sifat pozolanik, biasanya dihasilkan dari pembakaran lignite atau batu bara subbituminous, dan dapat juga dihasilkan dari antrasit atau batu bara bituminous. Abu terbang kelas C mengandung kadar kalsium total, yang dinyatakan sebagai kalsium oksida (CaO) lebih tinggi dari 10%.

Tabel 2.2 Persyaratan Kimia Abu Terbang (Fly Ash)

Uraian	Kelas		
	N	F	C
$\text{SiO}_2 + \text{AlO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , min, %	70	70	50
$\text{SO}_3$ , maks, %	4	5	5
Kadar air, maks, %	3	3	3
Hilang pijar, maks, %	10	6 <sup>A</sup>	6

Sumber : (SNI 2460-2014)

#### 6. Bahan Tambahan (Admixture)

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. Mulyono (2003).

Menurut standar ASTM C494, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah. Jenis dan definisi bahan tambah kimia ini sebagai berikut;

1) Tipe A (Water-Reducing Admixtures)

Water-Reducing Admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi jumlah air pencampur dan diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kosistensi tertentu.

2) Tipe B (Retarding Admixtures)

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (setting time), misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu pematatan untuk menghindari cold joints dan menghindari dampak penurunan beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

3) Tipe C (Accelerating Admixtures)

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton.

4) Tipe D (WaterReducing and Retarding Admixtures)

Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kosistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5) Tipe E (Water Reducing and Accelerating Admixtures)

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kosistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

#### 6) Tipe F (Water Reducing, High Range Admixtures)

Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kosistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

#### 7) Tipe G (Water Reducing, High Range Retarding Admixtures)

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan kosistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

### 2.2.3 Kelecahan (Workability)

Kelecahan adalah kemudahan mengerjakan beton, di mana menuang (placing) dan memadatkan (compacting) tidak menyebabkan munculnya efek negatif berupa pemisahan (segregation) dan pendarahan (bleeding). Ada tiga pengertian di sini yaitu :

#### a) Kompaktibilitas

Kompaktibilitas yaitu kemudahan mengeluarkan udara dan pemasatan.

#### b) Mobilitas

Mobilitas yaitu kemudahan mengisi acuan dan membungkus tulangan. Beton dengan mobilitas yang baik umumnya memiliki kompaktibilitas yang baik pula. Jadi umumnya cukup mengandalkan mobilitas.

#### c) Stabilitas

Stabilitas yaitu keampuan untuk tetap menjadi massa homogen tanpa pemisahan. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi kelecahan adalah :

- 1) Gradiasi, bentuk dan kualitas permukaan butir agregat.
- 2) Rasio antara agregat halus dan agregat kasar.
- 3) Diameter maksimum.
- 4) Absorpsi.

Pada adukan yang tidak stabil, air bisa terpisah dari benda padat, kemudian naik ke permukaan. Fenomena ini disebut pendarahan (bleeding). Sebaliknya, agregat kasar bisa terpisah dari mortar. Fenomena ini disebut pemisahan (segregation). Paul Nugraha dan Antoni (2007).

#### 2.2.4 Pemisahan (Segregasi)

Campuran beton yang tersegregasi adalah sukar atau tidak mungkin dituang, tidak seragam, sehingga kualitasnya jelek. Segregasi dapat terjadi karena turunnya butiran kebagian bawah dari beton segar, atau terpisahnya agregat kasar dari campuran, akibat cara penuangan dan pemandatan yang salah. Faktor-faktor yang mempengaruhi segregasi adalah :

- 1) Ukuran partikel yang lebih besar dari 25 mm
- 2) Berat jenis agregat kasar yang berbeda dengan agregat halus
- 3) Kurangnya jumlah material halus dalam campuran
- 4) Bentuk butir yang tidak rata dan tidak bulat
- 5) Campuran yang terlalu basah atau terlalu kering. Paul Nugraha dan Antoni (2007).

#### 2.2.5 Pendarahan (bleeding)

Pada beton yang normal dengan konsistensi yang cukup, bleeding terjadi secara bertahap dengan rembesan seragam pada seluruh permukaan. Namun pada campuran yang kurus (lean) dan basah, akan membentuk saluran sehingga air bisa mengalir dengan cukup cepat untuk mengangkat butir semen halus ke atas. Pada beton yang cukup tebal, bisa terjadi tiga lapisan horizontal, yaitu air dilapisan teratas, beton dengan kepadatan seragam, dan beton terkompresi (ada gradien, makin bertambah ke bawah). Selain akibat itu, kadang-kadang air yang naik ke atas itu terjebak oleh tulangan dan agregat yang besar. Ini menyebabkan terbentuknya kantong air di bawah besi tulangan dan agregat yang menyebabkan berkurangnya lekatan. Paul Nugraha dan Antoni (2007).

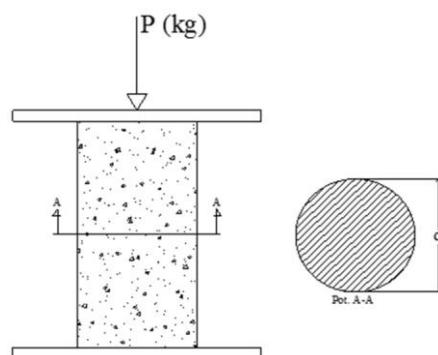
### 2.2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton secara keseluruhan menerima beban axial tekan maksimum yang ditransferkan ke daerah penampang beton (benda uji). Besaran dari kuat tekan beton didapat dari beban axial tekan maksimum persatuan luas penampang yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Compression Testing Machine).

(SNI 03-1974-1990, hal: 6)

Keterangan:  $P = \text{Beban axial tekan maksimal (N)}$

$A = \text{Luas penampang benda uji (mm}^2\text{)}$



Gambar 2.1 Skema Uji Kuat Tekan Beton

### 2.2.7 Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita. bahwa interval yang terbentuk memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang

sering digunakan adalah 90 %, 95 % atau 99 %. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan. Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan. Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan berada pada interval  $\pm Z$  standard error dari rata-rata populasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 90%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 10%, sedangkan sisanya (90%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengujian Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$X \pm t_p \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Dimana:

X = Nilai rata-rata dari data yang diuji

S = Standar deviasi

P = Persentil =  $\frac{1}{2} (1 + \text{interval konfidensi})$

$t_p$  = nilai t pada persentil P yang dipilih

n = jumlah data

## 2.2.8 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variabel.

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana,2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ . Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\sum Y = na + b \sum X + c \sum X^2$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 + c \sum X^3$$

$$\sum X^2Y = a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4$$

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$JK(b|a) = \frac{\sum b \sum XY - n \sum X \sum Y}{\sum X^2 \sum Y^2 - n \sum X^2 \sum Y^2}$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{\sum Y^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK|b|a|}{JK(E)}$$

Keterangan:

X = Variabel bebas.

Y = Data hasil pengujian.

n = Jumlah data.

## 2.2.9 Pengertian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empirik yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

- a. Memberikan tujuan yang jelas bagi peneliti.
- b. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, Dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
- c. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

- 1) Hipotesis nihil ( $H_0$ ) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat dituliskan :  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

- 2) Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) : yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat dituliskan :  $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Dari berbagai macam cara merumuskan hipotesa penelitian, yang digunakan pada penelitian ini adalah :

I Distribusi Student (t)

Hampir sama dengan distribusi normal, dimana distribusi ini juga dijuluki kurva lonceng (bell curve) karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33).

Untuk pembuktian hipotesis diperlukan rumus – rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{(R) \sqrt{\frac{n-2}{n-1}}}{\sqrt{1-R^2}}$$

Keterangan :

R = Koefisien korelasi

n = Banyak pengamatan

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Operasional Penelitian

Melakukan pengamatan dan pengujian pada beton dengan optimasi penggunaan fly ash dan kadar semen minimum terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh kemudian dilakukan analisa, evaluasi dan disimpulkan.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yang akan dilaksanakan pada bulan Mei - Juni 2018 di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Penelitian ini dimulai dari pengujian bahan, perancangan campuran beton, pelaksanaan pencampuran beton, perawatan benda uji, pengujian benda uji.

#### 3.3 Metode Penelitian

Studi penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu :

1) Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk merumuskan hipotesis penelitian dan juga mengkaji variabel-variabel yang diteliti dengan mempelajari teori-teori.

2) Studi Eksperimen

Studi eksperimen bertujuan untuk mendapatkan maupun mengumpulkan data-data yang diperlukan dan dilakukan di laboratorium. Data-data yang telah didapatkan, kemudian dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapatkan kesimpulan akhir.

Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut :

- a) Pengujian berat isi.
- b) Analisa agregat kasar dan agregat halus.
- c) Pengujian bahan lewat saringan No.200.

- d) Pengujian kadar organik agregat halus.
- e) Pengujian kadar lumpur agregat halus.
- f) Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus.
- g) Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.
- h) Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.
- i) Pengujian berat jenis semen
- j) Pengujian berat jenis fly ash dan pengujian kimia fly ash
- k) Pengujian keausan agregat kasar (abrsi test) dengan menggunakan alat Los Angeles.
- l) Perencanaan campuran beton.
- m) Pencampuran beton.
- n) Pengujian slump.
- o) Pembuatan benda uji.
- p) Perawatan benda uji.
- q) Pengujian benda uji.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini benda uji keseluruhan dapat disebut Populasi. Sedangkan benda uji yang mewakili sebagian dari anggota populasi disebut sampel. Variasi campuran dan jumlah sampel (benda uji) ditentukan sebagai berikut:

Jenis Pengujian	Umur (hari)	Variasi Fly Ash (%)	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan	7;14;28	0	Selinder 15 x 30	15
Kuat Tekan	7;14;28	30	Selinder 15 x 30	15
Kuat Tekan	7;14;28	35	Selinder 15 x 30	15
Kuat Tekan	7;14;28	40	Selinder 15 x 30	15
Kuat Tekan	7;14;28	45	Selinder 15 x 30	15
Kuat Tekan	7;14;28	50	Selinder 15 x 30	15

Tabel 3.1 Variasi Pengujian Tekan Beton

### 3.5 Alat dan Bahan Penelitian

Studi penelitian ini memerlukan peralatan dan bahan untuk mendukung proses analisa pendahuluan maupun percobaan yang dilakukan secara keseluruhan.

#### 3.5.1 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian :

Untuk mendukung proses penelitian ini, maka diperlukan bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Bahan yang digunakan akan dilakukan pengujian terlebih dahulu sesuai dengan persyaratan yang berlaku dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain yaitu :

- 1) Semen : Semen Gresik (OPC) Tipe I
- 2) Agregat Halus (pasir) : Pasir Lumajang
- 3) Agregat Kasar (batu pecah) : Batu pecah dengan ukuran 5mm x 10mm dan 10mm x 20mm (Quarry PT. BATU KALI WELANG AMPUH / PT. ETIKA)
- 4) Abu Terbang (fly ash) : PLTU Paiton
- 5) Superplasticizer (SP) : MasterGlenium ACE 8580 (BASF Indonesia)
- 6) Air : Air PDAM

#### 3.5.2 Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian :

Untuk melakukan suatu penelitian baik di dalam maupun di luar ruangan haruslah di dukung oleh peralatan pengujian penelitian yang dibutuhkan. Hal ini dilakukan agar hasil dari penelitian dapat dipertanggungjawabkan baik secara teori maupun hasil uji coba dari penelitian. Pada penelitian ini digunakan alat-alat yang memang dibutuhkan dan mendukung tujuan dari penelitian. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain adalah :

- 1) Kerucut Abrams dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm beserta talam dan tongkat besi, untuk pengujian kelecahan adukan beton (nilai slump).
- 2) Selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebagai bekisting atau tempat pembuatan benda uji.
- 3) Mesin molen, sebagai mixer atau mesin pengaduk campuran beton.
- 4) Alat uji tekan beton (Compression Testing Machine), untuk menguji kuat tekan benda uji.
- 5) Timbangan, untuk menimbang berat benda uji dan bahan untuk pencampuran beton.

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton dari setiap benda uji. Tujuannya untuk menentukan kekuatan tekan beton yang dibuat dan dirawat (cured) di laboratorium.

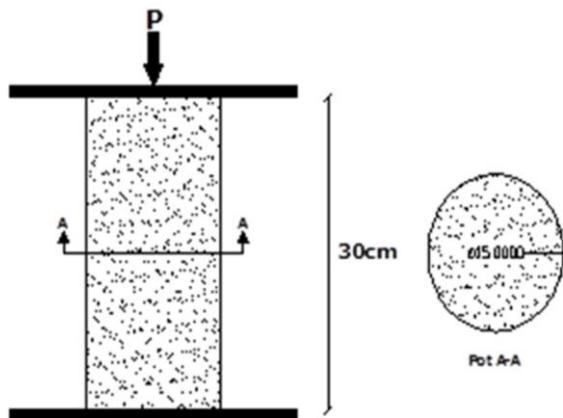
#### 3.6.1 Peralatan Pengujian Kuat Tekan

- 1) Timbangan
- 2) Mesin pengujian kuat tekan



Gambar 3.1. Mesin Uji Kuat Tekan Beton  
Sumber : Hasil foto di labolatorium beton kampus ITN 1

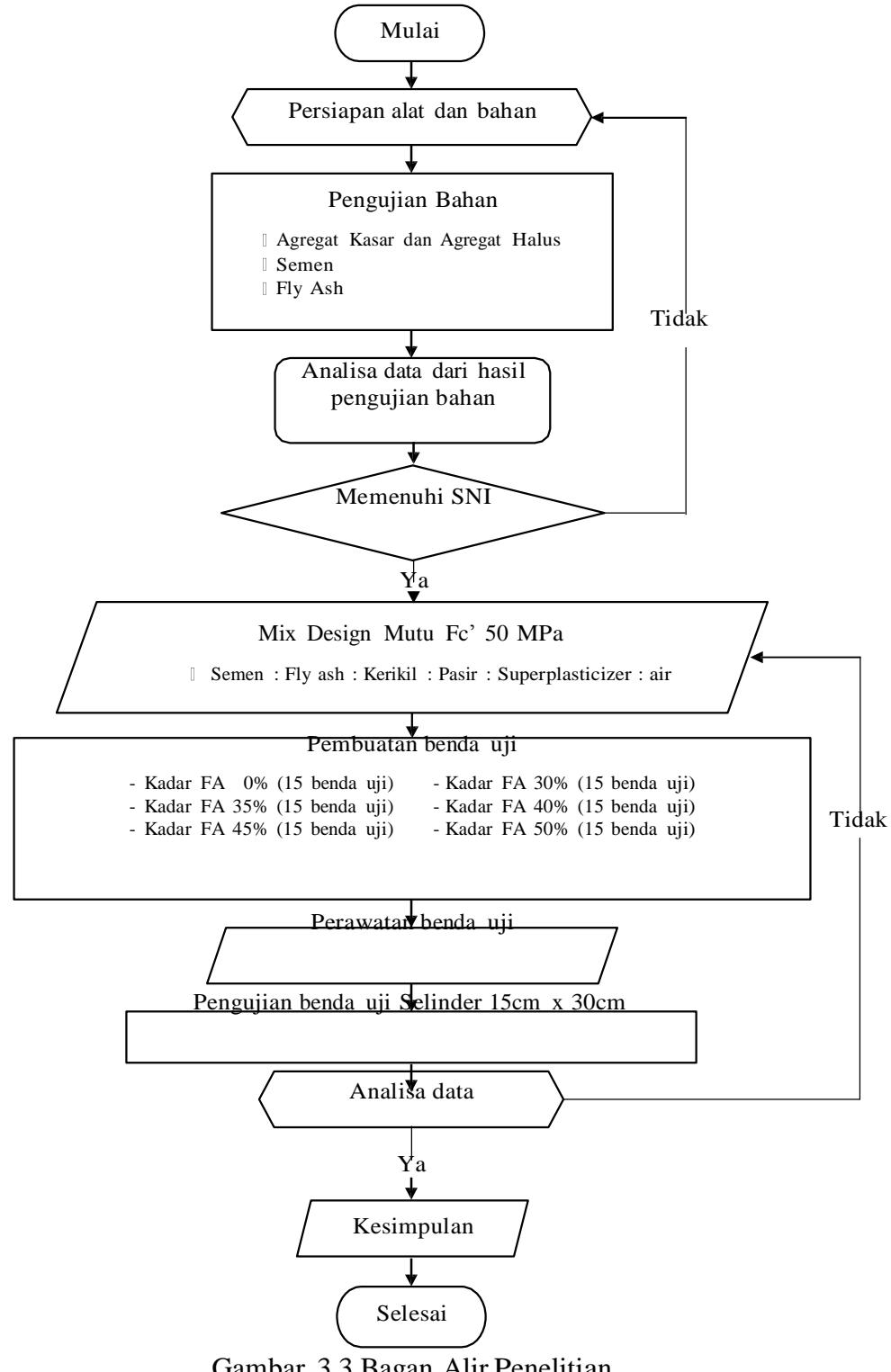
### 3.6.2 Pengujian Kuat Tekan



Gambar 3.2 Pengujian Kuat Tekan

- a) Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- b) Timbang dan catatlah berat benda uji.
- c) Letakkan benda uji pada mesin tekan seperti pada gambar 3.1.
- d) Jalankan mesin tekan.
- e) Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- f) Lakukan langkah – langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.

### 3.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Material Campuran Beton

Sebelum membuat campuran beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap masing-masing material yang akan digunakan pada campuran beton. Pengujian material pada penelitian ini meliputi berat isi, analisa saringan, kadar lumpur, kadar organik, kadar air, berat jenis, keausan. Hasil dari pengujian bahan ini mengacu pada Standart Nasional Indonesia yang berlaku.

##### 4.1.1 Hasil Pengujian Berat Isi

Bahan-bahan yang dilakukan pengujian berat isi antara lain agregat kasar, agregat halus, semen, dan fly ash. Untuk pengujian setiap bahan-bahan tersebut menggunakan cara yang sama. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar rongga udara yang terdapat dalam bahan-bahan tersebut. Dari hasil pengujian di laboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang diperoleh berat isi dari masing-masing material sebagai berikut :

###### 1) Berat isi agregat kasar 5mm x 10mm

###### a. Berat isi gembur sampel 1

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 21220	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 7880	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 13340	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 10000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,33	(gr/cm <sup>3</sup> )

###### b. Berat isi padat sampel 2

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 22410	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 7880	(gr)

□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 14530	(gr)
□ Isi tempat (V)	= 10000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{\text{gr}}{\text{l}}$	= 1,45	(gr/cm <sup>3</sup> )

2) Berat isi agregat kasar 10mm x 20mm

a. Berat isi gembur sampel 1

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 22070	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 7880	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 14190	(gr)
□ Isi tempat (V)	= 10000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{\text{gr}}{\text{l}}$	= 1,42	(gr/cm <sup>3</sup> )

b. Berat isi padat sampel 3

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 23360	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 7880	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 15480	(gr)
□ Isi tempat (V)	= 10000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{\text{gr}}{\text{l}}$	= 1,55	(gr/cm <sup>3</sup> )

3) Berat isi agregat halus (pasir)

a. Berat isi gembur sampel 2

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 8190	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 4640	(gr)
□ Isi tempat (V)	= 3000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{\text{gr}}{\text{l}}$	= 1,55	(gr/cm <sup>3</sup> )

b. Berat isi padat sampel 3

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 8470	(gr)
--------------------------------------	--------	------

□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 4920	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 3000`	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,64	(gr/cm <sup>3</sup> )

4) Berat isi agregat semen

a. Berat isi gembur sampel 3

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 7180	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 3630	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 3000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,21	(gr/cm <sup>3</sup> )

b. Berat isi padat sampel 1

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 7620	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 4070	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 3000`	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,36	(gr/cm <sup>3</sup> )

5) Berat isi agregat fly ash

a. Berat isi gembur sampel 2

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 7680	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 4130	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 3000	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,38	(gr/cm <sup>3</sup> )

b. Berat isi padat sampel 1

□ Berat tempat + benda uji ( $W_2$ )	= 8100	(gr)
□ Berat tempat ( $W_1$ )	= 3550	(gr)
□ Berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ )	= 4550	(gr)
□ Isi tempat ( $V$ )	= 3000`	(cm <sup>3</sup> )
□ Berat isi $\frac{W_3}{V}$	= 1,52	(gr/cm <sup>3</sup> )

Dari hasil pengujian berat isi diatas, diperoleh hasil berat isi gembur rata-rata agregat kasar 5mm x 10mm sebesar 1,34 gr/cm<sup>3</sup>, agregat kasar 10mm x 20mm sebesar 1,43 gr/cm<sup>3</sup>, agregat halus sebesar 1,53 gr/cm<sup>3</sup>, semen sebesar 1,22 gr/cm<sup>3</sup> dan fly ash sebesar 1,37 gr/cm<sup>3</sup>. Untuk berat isi padat rata-rata agregat kasar 5mm x 10mm sebesar 1,45 gr/cm<sup>3</sup>, agregat kasar 10mm x 20mm sebesar 1,56 gr/cm<sup>3</sup>, agregat halus sebesar 1,64 gr/cm<sup>3</sup>, semen sebesar 1,35 gr/cm<sup>3</sup> dan fly ash sebesar 1,50 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butiran agregat halus dengan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Dari hasil pengujian analisa saringan dilaboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang di dapatkan hasil analisa saringan sebagai berikut :

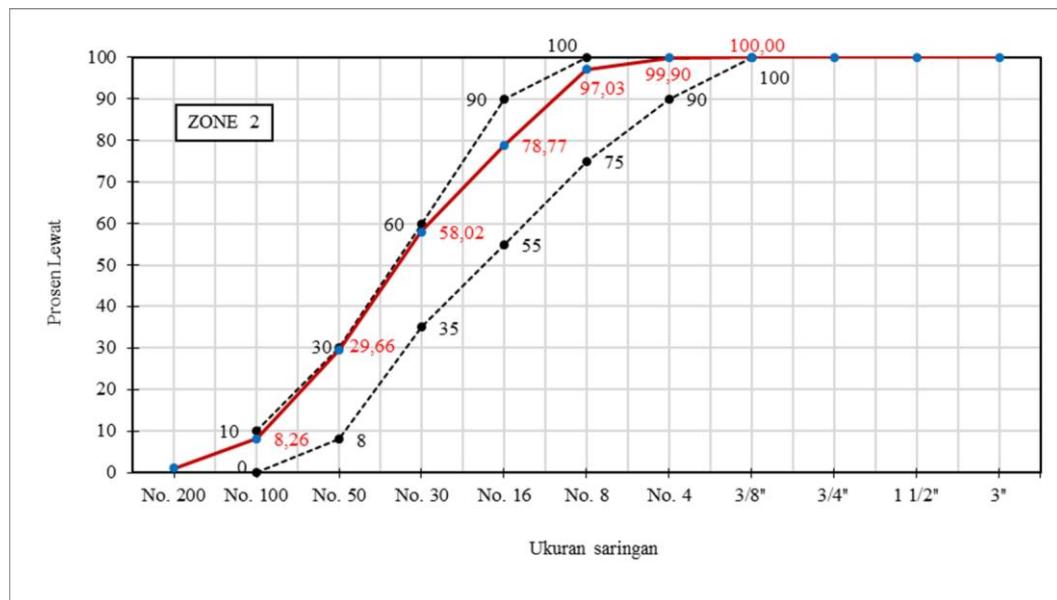
Tabel 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Berat contoh kering : 2500 gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,6 mm (3/8")	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75 mm (No. 4)	2,40	0,10	0,10	99,90
2,36 mm (No. 8)	71,80	2,87	2,97	97,03
1,18 mm (No. 16)	456,60	18,26	21,23	78,77
0,6 mm (No. 30)	518,60	20,74	41,98	58,02
0,3 mm (No. 50)	709,00	28,36	70,34	29,66
0,15 mm (No. 100)	535,10	21,40	91,74	8,26
0,075 mm (No. 200)	178,50	7,14	98,88	1,12
pan	26,60	1,06	99,94	0,06

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.1 Zone 2 Agregat Halus



Sumber : Hasil Perhitungan

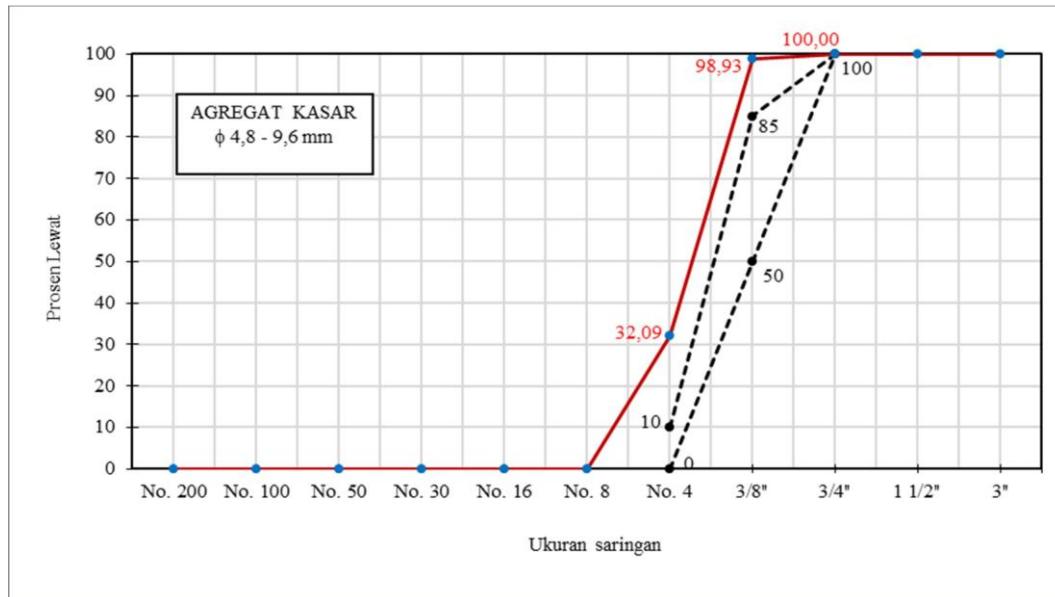
Tabel 4.2 Analisa Saringan Agregat Kasar 5mm x 10mm

Berat contoh kering : 11349,2 gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,6 mm (3/8")	121,20	1,07	1,07	98,93
4,75 mm (No. 4)	7585,90	66,84	67,91	32,09
2,36 mm (No. 8)	3642,10	32,09	100,00	0,00
1,18 mm (No. 16)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,6 mm (No. 30)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,3 mm (No. 50)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,15 mm (No. 100)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,075 mm (No. 200)	0,00	0,00	100,00	0,00
pan	0,00	0,00	100,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.2 Ukuran Agregat Maksimum 10mm



Sumber : Hasil Perhitungan

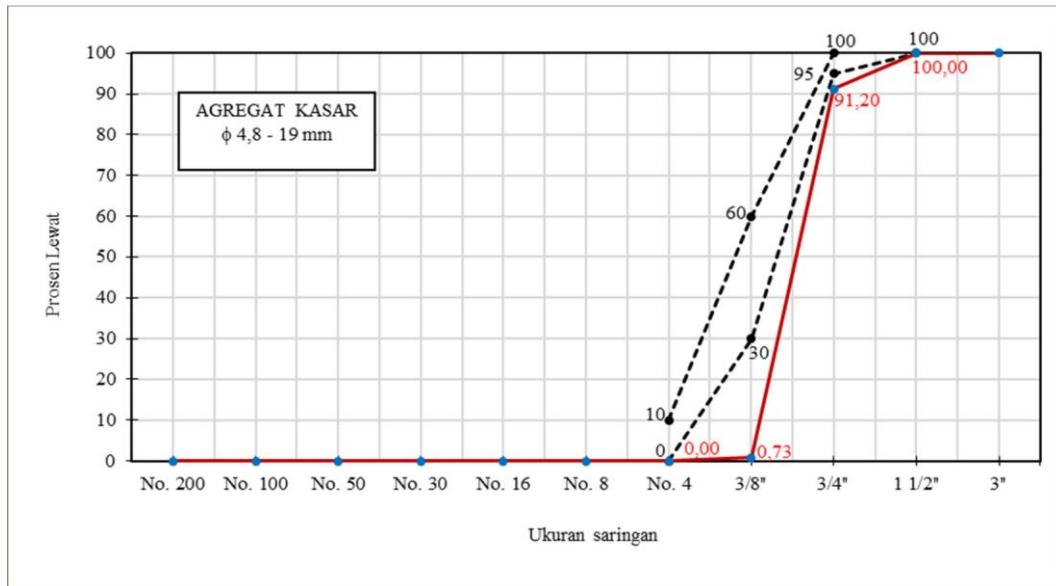
Tabel 4.3 Analisa Saringan Agregat Kasar 10mm x 20mm

Berat contoh kering : 18832,5 gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	1657,90	8,80	8,80	91,20
9,6 mm (3/8")	17037,40	90,47	99,27	0,73
4,75 mm (No. 4)	137,20	0,73	100,00	0,00
2,36 mm (No. 8)	0,00	0,00	100,00	0,00
1,18 mm (No. 16)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,6 mm (No. 30)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,3 mm (No. 50)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,15 mm (No. 100)	0,00	0,00	100,00	0,00
0,075 mm (No. 200)	0,00	0,00	100,00	0,00
pan	0,00	0,00	100,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.3 Ukuran Agregat Maksimum 20mm



Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar seperti pada grafik 4.1, grafik 4.2 dan grafik 4.3 didapatkan hasil agregat halus berada dalam zone pasir zone 2, sedangkan agregat kasar 5mm x 10mm mempunyai ukuran

agregat maksimum 10mm dan agregat kasar 10mm x 20mm dengan ukuran maksimum 20mm.

#### 4.1.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Dari hasil pengujian kadar lumpur di laboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang di dapatkan hasil sebagai berikut :

$$V1 \text{ (tinggi pasir)} = 535 \text{ ml}$$

$$V2 \text{ (tinggi lumpur)} = 1 \text{ ml}$$

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V2}{V1+V2} \times 100\% = \frac{1}{535+1} \times 100\% = 0,19\%$$



Gambar 4.1 Pengujian Kadar Lumpur

Dari hasil pengujian kadar lumpur diatas didapatkan hasil kadar lumpur dalam agregat halus sebesar 0,19% dan dapat digunakan sebagai material campuran beton. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus telah sesuai dengan Standart Nasional Indonesia yang digunakan.

#### 4.1.4 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air dari agregat dengan cara pengeringan. Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang

terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam kondisi kering. Hasil pengujian kadar air agregat di laboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.4 Kadar Air Agregat Kasar 5mm x 10mm

AGREGAT KASAR 5/10 mm		ASLI		SSD	
	Nomor test	E	A	X	Z
A.	Berat tempat (gr)	2480	2260	123,8	124,2
B.	Berat tempat + contoh (gr)	16110	16540	3403,4	3435,7
C.	Berat tempat + contoh kering o (gr)	15980	16420	3352,5	3381
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\% \quad (\%)$	0,96	0,85	1,58	1,68
F.	Kadar air rata-rata (%)	0,91		1,63	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Kadar Air Agregat Kasar 10mm x 20mm

AGREGAT KASAR 10/20 mm		ASLI		SSD	
	Nomor test	C	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2260	2330	121,1	124,1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	19500	22780	4281,1	4213,2
C.	Berat tempat + contoh kering o (gr)	19370	22650	4248,1	4174,8
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\% \quad (\%)$	0,76	0,64	0,80	0,95
F.	Kadar air rata-rata (%)	0,70		0,87	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.6 Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	E	A	B	A
A.	Berat tempat (gr)	2470	2290	103,7	105,9
B.	Berat tempat + contoh (gr)	8360	8110	1297,8	1323,2
C.	Berat tempat + contoh kering o (gr)	8020	7780	1293,6	1319,1
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\% \quad (\%)$	6,13	6,01	0,35	0,34
F.	Kadar air rata-rata (%)	6,07		0,35	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengujian pada tabel diatas didapatkan kadar air rata-rata agregat kasar 5mm x 10mm asli sebesar 0,91%, agregat kasar 10mm x 20mm asli 0,70%,

agregat halus asli 6,07%. Untuk kadar air agregat kasar 5mm x 10mm ssd didapatkan hasil sebesar 1,63%, agregat kasar 10mm x 20mm ssd 0,87% dan agregat halus ssd 0,35%. Hasil pengujian kadar digunakan untuk perhitungan jumlah air lapangan campuran beton.

#### 4.1.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis bulk, ssd dan penyerapan (absorbsi) agregat. Nilai ini digunakan untuk menetapkan volume atau berat agregat dalam campuran beton. Hasil pengujian berat jenis di laboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang dapat dilihat seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.7 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 5mm x 10mm

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	2976,9	2998,7	2987,8
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	3017,2	3040,2	3028,7
Berat contoh di dalam air	Ba	1910	1923,6	1916,8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj \square Ba}$	2,69	2,69	2,69
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj \square Ba}$	2,73	2,72	2,72
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk \square Ba}$	2,79	2,79	2,79
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,35	1,38	1,37

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.8 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar 10mm x 20mm

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4979,6	4965,4	4972,5
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5039,3	5023,9	5031,6
Berat contoh di dalam air	Ba	3195,5	3185	3190,3
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj \square Ba}$	2,70	2,70	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj \square Ba}$	2,73	2,73	2,73
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk \square Ba}$	2,79	2,79	2,79
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	1,20	1,18	1,19

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.9 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

		Putih	Coklat	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	498,2	498,0	498,1
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,0	500,0	500,0
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	659,5	662,4	661,0
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	976,8	979,4	978,1
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B \square Bj \square Bt)}$	2,73	2,72	2,72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B \square Bj \square Bt)}$	2,74	2,73	2,73
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B \square Bk \square Bt)}$	2,75	2,75	2,75
Penyerapan (absorbsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	0,36	0,40	0,38

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengujian pada tabel diatas didapatkan rata-rata berat jenis bulk untuk agregat kasar 5mm x 10mm sebesar 2,69, agregat kasar 10mm x 20mm 2,70, agregat halus 2,73. Untuk rata-rata berat jenis ssd agregat 5mm x 10 mm sebesar 2,72, agregat kasar 10mm x 20mm 2,73, agregat halus 2,73. Sedangkan untuk

rata-rata penyerapan agregat kasar 5mm x 10mm didapatkan hasil 1,37%, agregat kasar 10mm x 20mm 1,19%, agregat halus 1,45%. Hasil pengujian ini telah memenuhi syarat Standart Nasional Indonesia dan agregat dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

#### 4.1.6 Pembahasan Hasil Pengujian Material Campuran Beton

Dari hasil pengujian material di laboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang diketahui bahwa material campuran beton telah memenuhi dan sesuai dengan Standart Nasional Indonesia untuk digunakan sebagai material campuran beton seperti dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1.	Berat isi agregat kasar 5/10mm (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,34 1,45	-
2.	Berat isi agregat kasar 10/20mm (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,43 1,56	-
3.	Berat isi agregat halus (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,53 1,64	-
4.	Berat isi semen (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,22 1,35	-
5.	Berat isi fly ash (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,37 1,50	-
6.	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Zone 2	-
7.	Analisa saringan agregat kasar 5/10mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 10 mm	-
8.	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
9.	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,45	Memenuhi
10.	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 5/10mm (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	3,42	Memenuhi
11.	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20mm (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0,10	Memenuhi
12.	Pengujian kimia fly ash kelas C • CaO (%) • SiO <sub>2</sub> + AlO <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) • SO <sub>3</sub> (%) • Kadar air (%)	SNI 2460-2014	> 10% Min. 50 Maks. 5 Maks. 3	31,70 60,50 2,20 0,14	Memenuhi Memenuhi Memenuhi Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
13.	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	0,19	Memenuhi
14.	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
15.	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 5/10mm • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	6,07 0,91 0,70	-
16.	Kadar air ssd agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 5/10mm • Agregat kasar 10mm/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0,35 1,63 0,87	-
17.	Bj bulk agregat halus Bj ssd agregat halus Bj apparent agregat halus Penyerapan agregat halus (%)	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,72 2,73 2,75 0,38	Memenuhi - - Memenuhi
18.	Bj bulk agregat kasar 5/10mm Bj ssd agregat kasar 5/10mm Bj apparent agregat kasar 5/10mm Penyerapan agregat kasar 5/10 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,69 2,72 2,79 1,37	Memenuhi - - Memenuhi
19.	Bj bulk agregat kasar 10/20mm Bj ssd agregat kasar 10/20mm Bj apparent agregat kasar 10/20mm Penyerapan agregat kasar 10/20 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2,70 2,73 2,79 1,19	Memenuhi - - Memenuhi
20.	Bj semen portland	SNI 03-2531-1991	-	3,12	-
21.	Bj fly ash	SNI 03-2531-1991	-	3,01	-
22.	Konsistensi dan Waktu ikat semen • Waktu ikat awal (menit) • Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45 Maks. 375	202 300	Memenuhi Memenuhi
23.	Abrasi (los angeles) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	13,17	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

## 4.2 Perancangan Campuran (mix design)

Pada penelitian ini digunakan perancangan campuran (mix design) berdasarkan SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal), standar ini juga mengacu pada metode mix design ACI dan DOE atau yang biasa disebut metode British 1968.

Untuk perancangan campuran beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan sebelum melakukan proses perhitungan untuk menentukan komposisi campuran.

### 4.2.1 Perancangan Campuran Beton Mutu $F'c = 50 \text{ MPa}$

#### 1) Data Perencanaan

- $F'c$  Rencana = 50 MPa
- Slump Rencana =  $> 80 \text{ mm}$
- Agregat Kasar Maksimum = 20 mm
- Agregat Halus = Zone II
- Volume Beton =  $< 1000 \text{ m}^3$
- Jenis Semen = Tipe I (OPC)
- Jenis Agregat Kasar = Dipecah
- $B_j$  Agregat Halus (SSD) = 2,73
- $B_j$  Agregat Kasar 5mm x 10mm (SSD) = 2,72
- $B_j$  Agregat Kasar 10mm x 20mm (SSD) = 2,73

#### 2) Menentukan Kuat Tekan Rencana

Tabel 4.12 Standar Deviasi Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar $S$ (MPa)		
Sebutan	Jumlah beton ( $\text{m}^3$ )	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	$< 1000$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	$1000 - 3000$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	$> 3000$	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Sumber : Buku Teknologi Beton, Tri Mulyono

Berdasarkan dari data perencanaan diketahui volume pekerjaan  $< 1000 \text{ m}^3$ , oleh karena itu standar deviasi yang dapat digunakan adalah baik  $5,5 < S < 6,5$ . Jadi standar deviasi dipakai 6 MPa.

- Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned} F'_{cr} &= F'_c + 1,64 \times S \\ &= 50 + 1,64 \times 6 \\ &= 59,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Keterangan :

$F'_c$  : Kuat tekan rencana  
 1,64 : Ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada  
 presentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%.  
 $S$  : Nilai deviasi

Jadi kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $F'_{cr}$  adalah sebesar 59,84 MPa

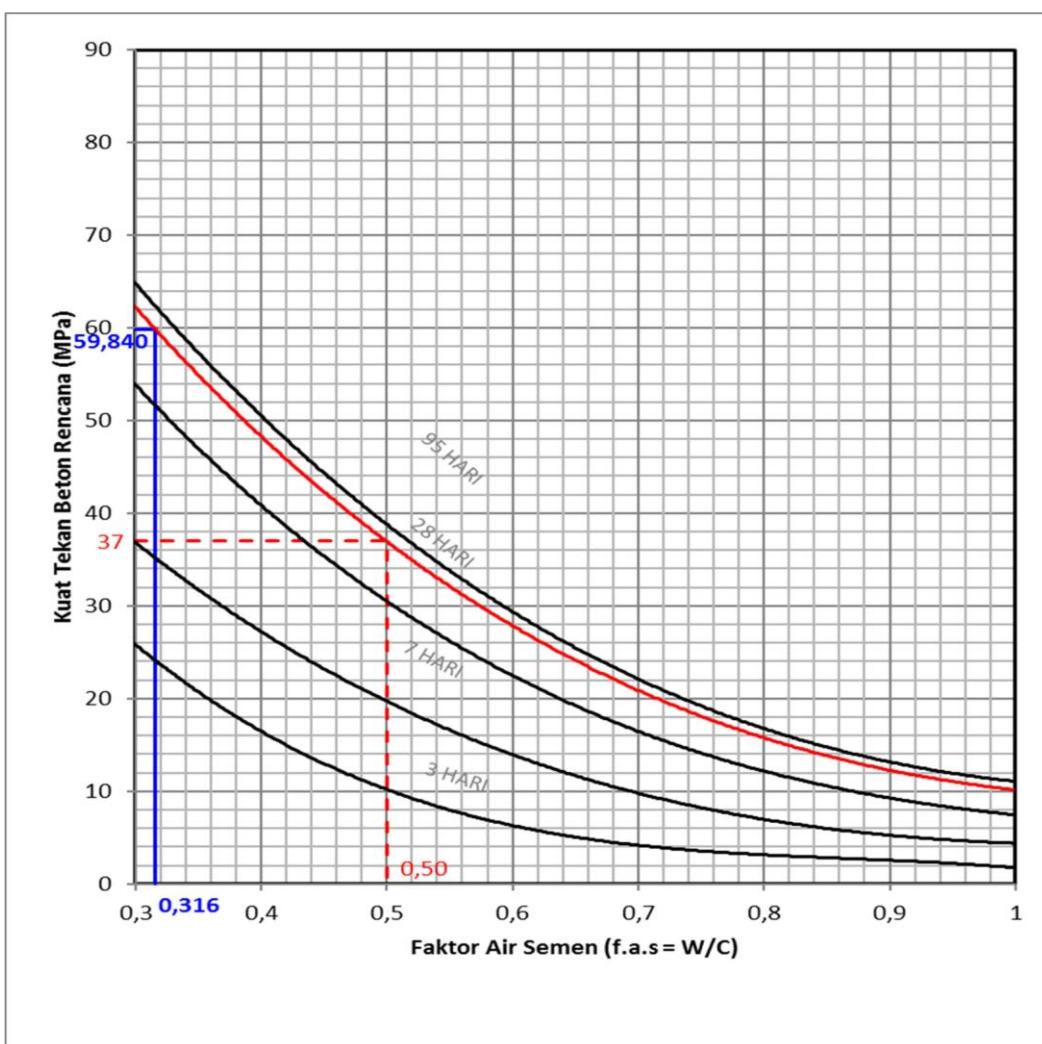
### 3) Menentukan Faktor Air Semen

Tabel 4.13 Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (W/C) = 0,5

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda uji	
		Pada Umur (hari)					
		3	7	28	29		
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Selinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen Tahan Sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Selinder	
	Batu pecah	25	33	44	48		
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus	
	Batu pecah	30	40	53	60		

Sumber : SNI 03-2834-2000

Dari tabel diatas dapat ditentukan kuat tekan beton dengan faktor air semen (W/C) = 0,5 dengan tipe semen tipe I dengan jenis agregat kasar dipecah dan umur rencana 28 hari = 37 MPa.



Gambar 4.2 Kurva hubungan kekuatan tekan beton dengan W/C  
Sumber : SNI 03-2834-2000

dari pembacaan grafik diatas didapat  $W/C = 0,316$

#### 4) Menentukan Presentase Gradasi Agregat Kasar Gabungan

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis agregat kasar yaitu agregat kasar 5mm x 10mm dan agregat kasar 10mm x 20mm, sehingga perlu ditentukan presentase dari kedua jenis agregat tersebut sebagai data untuk perhitungan kadar air bebas dan perbandingan komposisi agregat. Penentuan presentase agregat ini menggunakan perhitungan cara analitis agregat kasar

gabungan berdasarkan SNI 03-2384-2000. Hasil perhitungan didapatkan seperti tabel berikut :

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Prosentase Gradasi Gabungan Agregat Kasar 5mm x 10mm dan 10mm x 20mm

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif %		Lolos Agregat Kasar		Gabungan Agregat Kasar 5/10 mm & 10/20 mm
	5/10	10/20	5/10	10/20	
76,2 mm (3")	100,00	100,00	40,00	60,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	100,00	100,00	40,00	60,00	100,00
19,1 mm (3/4")	100,00	91,20	40,00	54,72	94,72
9,6 mm (3/8")	98,93	0,73	39,57	0,44	40,01
4,75 mm (No. 4)	32,09	0,00	12,84	0,00	12,84
2,36 mm (No. 8)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,18 mm (No. 16)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6 mm (No. 30)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,3 mm (No. 50)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,15 mm (No. 100)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,08 mm (No. 200)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan secara analitis agregat kasar gabungan (5/10 mm dan 10/20 mm ditinjau pada saringan 9,6 mm) dan presentase gabungan diharapkan pada saringan tersebut sebesar 40,01%.

#### I Perhitungan presentase

$$40,01 = \frac{\text{Lolos} (9,6\text{ mm})}{100}$$

$$40,01 = \frac{\text{Lolos} (9,6\text{ mm})}{100}$$

$$4001 = 98,93 + 72,85 - 0,73$$

$$(4001 - 72,85) = 98,93 - 0,73$$

$$3928,15 = 98,20$$

$$X = \frac{98,20}{100} = 40\% \text{ (agregat kasar } 5\text{mm x } 10\text{mm)}$$

$$= 100\% - 40\% = 60\% \text{ (agregat kasar } 10\text{mm x } 20\text{mm)}$$

Dimana :

$y_1$  = lewat kumulatif agregat 5/10mm pada saringan 9,6mm

$y_2$  = lewat kumulatif agregat 10/20mm pada saringan 9,6mm

Setelah presentase dari kedua agregat kasar tersebut didapatkan, kemudian masing-masing presentase dari kedua agregat kasar dikalikan dengan lewat kumulatif dari kedua agregat mulai dari saringan terbesar hingga pan. Hasil dari kedua perkalian tersebut dijumlahkan sehingga menjadi hasil dari gabungan kedua agregat.

□ Contoh perhitungan :

I % lolos gabungan agregat kasar 5mm x 10mm

$$\text{Saringan } 4,75 \text{ mm} = \frac{\text{---} \%}{\text{---}} = 12,84$$

II % lolos gabungan agregat kasar 10mm x 20mm

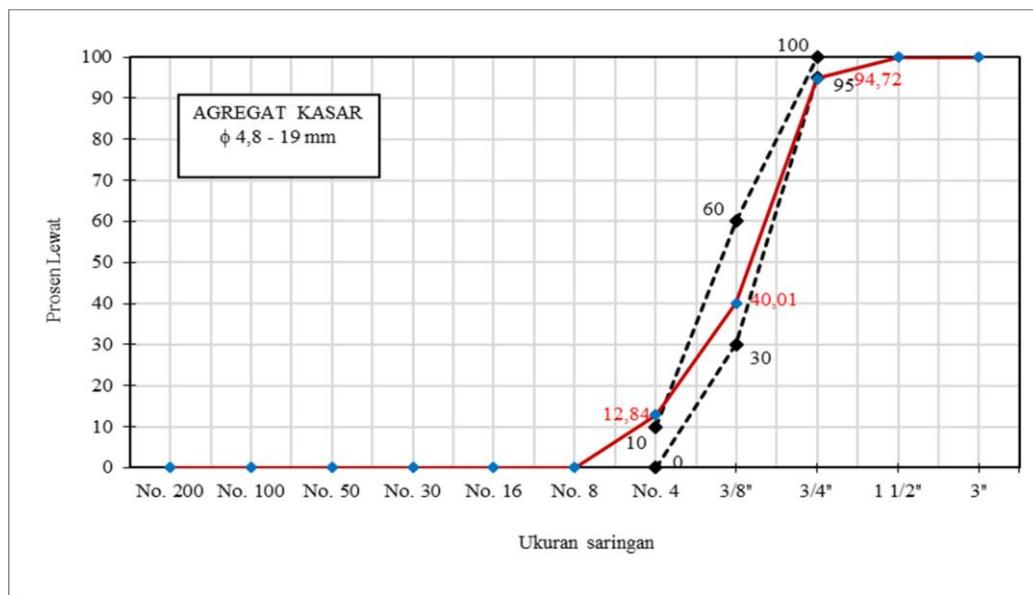
$$\text{Saringan } 4,75 \text{ mm} = \frac{\text{---} \%}{\text{---}} = 0,00$$

III Hasil % lolos gabungan agregat kasar 5mm x 10mm dan 10mm x 20mm

$$\text{Saringan } 4,75 \text{ mm} = 12,84 + 0,00 = 12,84$$

Hasil gabungan dari kedua agregat kasar kemudian dimasukkan kedalam grafik batas gradasi agregat kasar diameter maksimum 20mm untuk mengoreksi hasil hitungan, sesuai dengan batas-batas seperti pada grafik dibawah ini.

Grafik 4.4 Batas Gradasi Gabungan Agregat Kasar 5mm x 10mm dan 10mm x 20mm



Sumber : Hasil Perhitungan

### 5) Menentukan Kadar Air Bebas dan Jumlah Semen

Kadar air bebas dibutuhkan dalam menentukan jumlah semen dan untuk menentukan jumlah air campuran yang akan digunakan saat pembuatan beton. Jumlah semen yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan data banyaknya kadar air bebas untuk setiap kubik beton, seperti tercantum pada tabel berikut ini :

Tabel 4.15 Perkiraan Kadar Air Bebas dan Slump

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Tidak dipecah	150	180	205	225
	Dipecah	180	205	230	250
20	Tidak dipecah	135	160	180	195
	Dipecah	170	190	210	225
40	Tidak dipecah	115	140	160	175
	Dipecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis agregat kasar dengan persentase perbandingan 40% : 60% dan penggunaan jumlah air bebas yang lebih kecil, maka di pilih nilai slump antara 0-10 mm dan kadar air bebas (W) dari tabel sebagai berikut :

- Agregat maksimum 10mm : Wf = 150 dan Wc = 180
- Agregat maksimum 20mm : Wf = 135 dan Wc = 170

Dimana :

Wf = Perkiraan jumlah air agregat halus (tidak dipecah)

Wc = Perkiraan jumlah air agregat kasar (dipecah)

Sehingga kadar air bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \square W_{\text{agregat kasar } 5\text{mm} \times 10\text{mm}} &= \frac{1}{3} W_f + \frac{2}{3} W_c \\ &= \frac{1}{3} 150 + \frac{2}{3} 180 \\ &= 160 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square W_{\text{agregat kasar } 10\text{mm} \times 20\text{mm}} &= \frac{1}{3} W_f + \frac{2}{3} W_c \\ &= \frac{1}{3} 135 + \frac{2}{3} 170 \\ &= 146,67 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dikarenakan menggunakan 2 jenis agregat kasar dengan persentase 40% untuk agregat kasar 5mm x 10mm dan 60% agregat kasar 10mm x 20mm, sehingga kadar air bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \square W &= \frac{(40\% \times 160) + (60\% \times 146,67)}{100} \\ &= 152 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

□ Jumlah semen (PC)

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{0,42} \\ &= \frac{1}{0,42} \\ &= 481,01 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

## 6) Menentukan Presentase Agregat Halus dan Agregat Kasar

Penentuan presentase agregat kasar dan agregat halus menggunakan perhitungan cara analitis agregat kasar gabungan berdasarkan SNI 03-2384-2000. Hasil perhitungan didapatkan seperti tabel berikut :

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Prosentase Gradasi Gabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Ukuran saringan	Lewat Kumulatif		% Lulus Agregat		% Lulus Agregat Gabungan Halus & Kasar
	Agregat		Halus	Kasar	
	Halus	Kasar	40,00	60,00	
76 mm (3")	100,00	100,00	40,00	60,00	100,00
38 mm (1 1/2")	100,00	100,00	40,00	60,00	100,00
19 mm (3/4")	100,00	94,72	40,00	56,83	96,83
9,6 mm (3/8")	100,00	40,01	40,00	24,01	64,00
4,8 mm (No. 4)	99,90	12,84	39,96	7,70	47,66
2,4 mm (No. 8)	97,03	0,00	38,81	0,00	38,81
1,2 mm (No. 16)	78,77	0,00	31,50	0,00	31,50
0,6 mm (No. 30)	58,02	0,00	23,21	0,00	23,21
0,3 mm (No. 50)	29,66	0,00	11,86	0,00	11,86
0,2 mm (No. 100)	8,26	0,00	3,30	0,00	3,30
0,1 mm (No. 200)	1,12	0,00	0,45	0,00	0,45
pan	0,06	0,00	0,02	0,00	0,02

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan secara analitis agregat kasar dan agregat halus gabungan (ditinjau pada saringan 4,75 mm) dan presentase gabungan diharapkan pada saringan tersebut sebesar 47,66%.

### I Perhitungan presentase

$$\begin{aligned}
 47,66 &= \frac{\text{Lulus (4,75)}}{\text{Total}} \times 100 \\
 47,66 &= \frac{3482,35}{7283,65} \times 100 \\
 4766 &= 99,90 + 1283,65 - 12,84
 \end{aligned}$$

$$(4766 - 1283,65) = 99,90 - 12,84$$

$$3482,35 = 87,07$$

$$X = \frac{87,07}{100} = 40\% \text{ (agregat halus)}$$

$$= 100\% - 40\% = 60\% \text{ (agregat kasar)}$$

Dimana :

$y_1$  = lewat kumulatif agregat halus pada saringan 4,75mm

$y_2$  = lewat kumulatif agregat kasar pada saringan 4,75mm

Setelah presentase dari kedua agregat tersebut didapatkan, kemudian masing-masing presentase dari kedua agregat dikalikan dengan lewat kumulatif dari kedua agregat mulai dari saringan terbesar hingga pan. Hasil dari kedua perkalian tersebut dijumlahkan sehingga menjadi hasil dari gabungan kedua agregat.

□ Contoh perhitungan :

□ % lolos gabungan agregat halus

$$\text{Saringan } 9,6 \text{ mm} = \frac{40\%}{100} = 40,00$$

□ % lolos gabungan agregat kasar

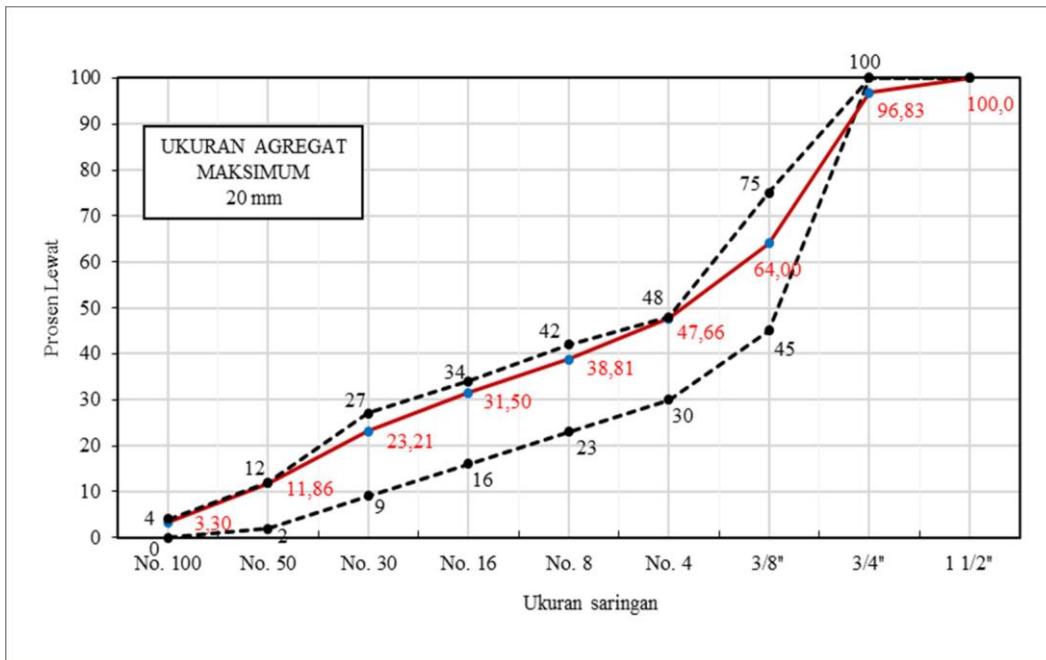
$$\text{Saringan } 9,6 \text{ mm} = \frac{24\%}{100} = 24,01$$

□ Hasil % lolos gabungan agregat halus dan agregat kasar

$$\text{Saringan } 9,6 \text{ mm} = 40,00 + 24,01 = 64,00$$

Hasil gabungan dari kedua agregat kemudian dimasukkan kedalam grafik batas gradasi agregat gabungan agregat halus dan agregat kasar untuk mengoreksi hasil hitungan, sesuai dengan batas-batas seperti pada grafik dibawah ini.

Grafik 4.5 Batas Gradasi Gabungan Agregat Halus dan Agregat Kasar



Sumber : Hasil Perhitungan

#### 7) Menentukan Berat Jenis Agregat Gabungan (SSD)

- Bj ssd gabungan agregat kasar 5x10mm dan 10x20mm

$$= \frac{(\% \text{ } 3,30 \times \% \text{ } 11,86) + (\% \text{ } 11,86 \times \% \text{ } 3,30)}{(\% \text{ } 3,30)(\% \text{ } 11,86)} = 2,73$$

- Bj ssd gabungan agregat kasar dan agregat halus

$$= \frac{(\% \text{ } 3,30 \times \% \text{ } 11,86) + (\% \text{ } 11,86 \times \% \text{ } 3,30)}{(\% \text{ } 3,30)(\% \text{ } 11,86)} = 2,73$$

#### 8) Menentukan Berat Jenis Beton Segar

Perkiraan berat jenis beton segar dapat dihitung secara teoritis agar lebih teliti seperti persamaan berikut :

$$U = 10 G_a (100-A) + C (1-G_a/G_c) - W (G_a-1)$$

$$U = 10 \times 2,73 \times (100 - 4,5) + 481,01 \times (1 - 2,73/3,12) - 152 \times (2,73 - 1)$$

$$U = 2405,39 \text{ kg/m}^3$$

Dimana :

$U$  = berat jenis beton segar ( $\text{kg/m}^3$ )

$G_a$  = berat jenis SSD gabungan agregat halus dan agregat kasar

$G_s$  = berat jenis semen

$A$  = jumlah udara (%)

$W$  = jumlah air bebas ( $\text{kg/m}^3$ )

$C$  = jumlah semen ( $\text{kg/m}^3$ )

9) Menentukan Komposisi Campuran Beton Kondisi SSD (per  $\text{m}^3$ )

- Total agregat =  $B_j$  beton segar – jumlah semen – jumlah air bebas  
 $= 2405,39 - 481,01 - 152$   
 $= 1772,38 \text{ kg/m}^3$

- Berat agregat halus = % agregat halus x total agregat  
 $= 40\% \times 1772,38$   
 $= 708,88 \text{ kg/m}^3$

- Berat Ag kasar 5/10mm = % Ag kasar 5/10 x (total Ag - berat Ag halus)  
 $= 40\% \times (1772,38 - 708,88)$   
 $= 425,40 \text{ kg/m}^3$

- Berat Ag kasar 10/20mm  
 $= \% \text{ Ag kasar 10/20mm} \times (\text{total Ag} - \text{berat Ag halus})$   
 $= 60\% \times (1772,38 - 708,88)$   
 $= 638,10 \text{ kg/m}^3$

Jadi komposisi campuran beton kondisi SSD :

□ Semen	= 481,01 $\text{kg/m}^3$
□ Air	= 152,00 $\text{kg/m}^3$
□ Agregat halus	= 708,88 $\text{kg/m}^3$
□ Agregat kasar 5/10mm	= 425,40 $\text{kg/m}^3$
□ Agregat kasar 10/20mm	= 638,10 $\text{kg/m}^3$

## 10) Menentukan Komposisi Campuran Kondisi Lapangan (per m<sup>3</sup>)

Dari hasil pengujian material di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

- Kadar air agregat halus (asli) = 6,07 %
- Kadar air agregat kasar 5/10mm (asli) = 0,91 %
- Kadar air agregat kasar 10/20mm (asli) = 0,70 %
- Penyerapan agregat halus = 0,38 %
- Penyerapan agregat kasar 5/10mm = 1,37 %
- Penyerapan agregat kasar 10/20mm = 1,19 %

### □ Menentukan kelebihan air dalam agregat halus :

$$\begin{aligned} &= (\% \text{ kadar air Ag. halus} - \% \text{ penyerapan Ag. halus}) \times \text{berat Ag. halus ssd} \\ &= (6,07 \% - 0,38\%) \times 708,88 \\ &= 40,31 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### □ Menentukan kelebihan air dalam agregat kasar 5/10mm :

$$\begin{aligned} &= (\% \text{ kadar air Ag. kasar 5/10mm} - \% \text{ penyerapan Ag. kasar 5/10mm}) \times \text{berat Ag. kasar 5/10mm ssd} \\ &= (0,91 \% - 1,37\%) \times 425,40 \\ &= -1,97 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### □ Menentukan kelebihan air dalam agregat kasar 10/20mm :

$$\begin{aligned} &= (\% \text{ kadar air Ag. kasar 10/20mm} - \% \text{ penyerapan Ag. kasar 10/20mm}) \times \text{berat Ag. kasar 10/20mm ssd} \\ &= (0,70 \% - 1,19\%) \times 638,10 \\ &= -3,12 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### □ Menentukan jumlah agregat halus :

$$\begin{aligned} &= (\text{berat Ag. halus ssd} + \text{kelebihan air dalam Ag. halus}) \\ &= (708,88 + 40,31) \\ &= 749,19 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

### □ Menentukan jumlah agregat kasar 5/10mm :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat Ag. kasar } 5/10\text{mm ssd} + \text{kelebihan air dalam Ag. kasar } 5/10\text{mm}) \\
 &= (425,40 - 1,97) \\
 &= 423,43 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Menentukan jumlah agregat kasar 10/20mm :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat Ag. kasar } 10/20\text{mm ssd} + \text{kelebihan air dalam Ag. kasar } 10/20\text{mm}) \\
 &= (638,10 - 3,12) \\
 &= 634,98 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Menentukan jumlah air :

$$\begin{aligned}
 &= (W - \text{kelebihan air Ag. halus} - (\text{kelebihan air Ag. kasar } 5/10\text{mm} + \text{kelebihan air Ag. kasar } 10/20\text{mm})) \\
 &= (152 - 40,31 - (-1,97 + -3,12)) \\
 &= 116,78 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi, komposisi campuran beton kondisi lapangan :

<input type="checkbox"/> Semen	= 481,01 kg/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Air	= 152,00 kg/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Agregat halus	= 708,88 kg/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Agregat kasar 5/10mm	= 425,40 kg/m <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Agregat kasar 10/20mm	= 638,10 kg/m <sup>3</sup>

#### 4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Fly Ash dan Superplasticizer

Perhitungan jumlah fly ash dan superplasticizer menggunakan persentase terhadap berat semen sehingga terdapat pengurangan bahan semen agar tidak menambah berat beton semula. Tetapi untuk menentukan jumlah superplasticizer tidak perlu melakukan pengurangan terhadap bahan semen. Berikut ini merupakan kebutuhan berat campuran dari fly ash dan superplasticizer :

Contoh perhitungan :

$$\text{Variasi fly ash } 30 \% = 30 \% \times \text{berat semen per m}^3$$

$$= 0,30 \times 481,01$$

$$= 144,30 \text{ kg/m}^3$$

Superplasticizer 0,43 % = 0,43% x berat semen per m<sup>3</sup>

$$= 0,043 \times 481,01$$

$$= 2,08 \text{ kg/m}^3$$

Untuk perhitungan variasi selanjutnya seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 4.17 Perhitungan Komposisi Campuran per m<sup>3</sup>

Jumlah Bahan Per m <sup>3</sup>	Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan					
	Variasi Kadar (%)					
	0	30	35	40	45	50
Semen (Kg)	481,01	336,71	312,66	288,61	264,56	240,51
Fly Ash (Kg)	-	144,30	168,35	192,41	216,46	240,51
Agregat Halus (Kg)	749,19	749,19	749,19	749,19	749,19	749,19
Agregat Kasar 5/10 mm (Kg)	423,43	423,43	423,43	423,43	423,43	423,43
Agregat Kasar 10/120 (Kg)	634,98	634,98	634,98	634,98	634,98	634,98
Air (Kg)	152,00	152,00	152,00	152,00	152,00	152,00
Air Lapangan (Kg)	116,78	116,78	116,78	116,78	116,78	116,78
Superplasticizer (kg)	2,63	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan Komposisi Campuran Benda Uji Selinder 15cm x 30cm

Bahan	Kebutuhan Campuran Beton Benda Uji Selinder Kondisi Lapangan						Total Kebutuhan Material
	0	30	35	40	45	50	
Semen (Kg)	43,97	30,78	28,58	26,38	24,18	21,98	175,86
Fly Ash (Kg)	-	13,19	15,39	17,59	19,78	21,98	87,93
Agregat Halus (Kg)	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	68,48	410,87
Agregat Kasar 5/10 mm (Kg)	38,70	38,70	38,70	38,70	38,70	38,70	232,22
Agregat Kasar 10/20 mm (Kg)	58,04	58,04	58,04	58,04	58,04	58,04	348,24
Air Bebas (Kg/L)	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	83,36
Air Lapangan (Kg/L)	10,67	10,67	10,67	10,67	10,67	10,67	64,04
Superplasticizer (gr/ml)	240,0	190,0	190,0	190,0	190,0	190,0	1190,11
Jumlah Selinder	15	15	15	15	15	15	90

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.3 Analisa Data Kuat Tekan Selinder

Data perhitungan kuat tekan selinder didapat dari hasil pengujian sampel penelitian yang diambil dan selanjutnya akan ditentukan besarnya kuat tekan beton dengan masing – masing presentase 0%, 30%, 35%, 40%, 45%, dan 50%.

a) Contoh Perhitungan umur 7 hari Kode 40% FA1 :

$$\begin{aligned} P &= 713 \text{ KN} \longrightarrow = 713000 \text{ N} \\ F'c &= \frac{\square}{\square} \\ &= \frac{713000}{173,8} \\ &= 40,37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b) Contoh Perhitungan umur 14 hari Kode 40% FA6 :

$$\begin{aligned} P &= 946 \text{ KN} \longrightarrow = 946000 \text{ N} \\ F'c &= \frac{\square}{\square} \\ &= \frac{946000}{180,8} \\ &= 53,56 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c) Contoh Perhitungan umur 28 hari Kode 40% FA11 :

$$\begin{aligned} P &= 1153 \text{ KN} \longrightarrow = 1153000 \text{ N} \\ F'c &= \frac{\square}{\square} \\ &= \frac{1153000}{187,8} \\ &= 65,28 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana,

$F'c$  = Kuat tekan benda uji ( MPa )

A = Luas Penampang ( mm )

P = Beban yang bekerja ( N )

Dengan cara yang sama selanjutnya akan di tabelkan :

Tabel 4.19 Nilai Kuat Tekan Beton Selinder Umur 7 Hari

No.	Kode	Tanggal buat	Tanggal tes	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan hancur (KN)	Tekan hancur 7 hari (MPa)	Tekan Rata-Rata 7 Hari (MPa)
1	0% FA1	25/03/2018	01/04/2018	7	12,29	696	39,41	40,47
2	0% FA2	25/03/2018	01/04/2018	7	12,46	685	38,78	
3	0% FA3	25/03/2018	01/04/2018	7	12,69	674	38,16	
4	0% FA4	25/03/2018	01/04/2018	7	12,81	780	44,16	
5	0% FA5	25/03/2018	01/04/2018	7	12,82	739	41,84	
1	30% FA1	20/03/2018	27/03/2018	7	12,72	589	33,35	33,04
2	30% FA2	20/03/2018	27/03/2018	7	12,65	598	33,86	
3	30% FA3	20/03/2018	27/03/2018	7	12,78	583	33,01	
4	30% FA4	20/03/2018	27/03/2018	7	13,05	629	35,61	
5	30% FA5	20/03/2018	27/03/2018	7	12,92	519	29,38	
1	35% FA1	21/03/2018	28/03/2018	7	12,88	693	39,24	37,19
2	35% FA2	21/03/2018	28/03/2018	7	12,91	562	31,82	
3	35% FA3	21/03/2018	28/03/2018	7	13,06	676	38,27	
4	35% FA4	21/03/2018	28/03/2018	7	13,07	690	39,07	
5	35% FA5	21/03/2018	28/03/2018	7	12,96	663	37,54	
1	40% FA1	22/03/2018	29/03/2018	7	12,90	713	40,37	40,06
2	40% FA2	22/03/2018	29/03/2018	7	13,02	618	34,99	
3	40% FA3	22/03/2018	29/03/2018	7	13,06	754	42,69	
4	40% FA4	22/03/2018	29/03/2018	7	13,08	747	42,29	
5	40% FA5	22/03/2018	29/03/2018	7	13,00	706	39,97	
1	45% FA1	23/03/2018	30/03/2018	7	12,68	540	30,57	37,17
2	45% FA2	23/03/2018	30/03/2018	7	12,83	674	38,16	
3	45% FA3	23/03/2018	30/03/2018	7	12,96	666	37,71	
4	45% FA4	23/03/2018	30/03/2018	7	12,83	704	39,86	
5	45% FA5	23/03/2018	30/03/2018	7	12,84	699	39,58	
1	50% FA1	24/03/2018	31/03/2018	7	12,93	560	31,71	31,34
2	50% FA2	24/03/2018	31/03/2018	7	12,97	470	26,61	
3	50% FA3	24/03/2018	31/03/2018	7	12,76	573	32,44	
4	50% FA4	24/03/2018	31/03/2018	7	12,96	572	32,38	
5	50% FA5	24/03/2018	31/03/2018	7	13,22	593	33,57	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Nilai Kuat Tekan Beton Selinder Umur 14 Hari

No.	Kode	Tanggal buat	Tanggal tes	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan hancur (KN)	Tekan hancur 14 hari (MPa)	Tekan Rata-Rata 14 Hari (MPa)
1	0% FA6	25/03/2018	08/04/2018	14	12,39	955	54,07	53,39
2	0% FA7	25/03/2018	08/04/2018	14	12,61	873	49,43	
3	0% FA6	25/03/2018	08/04/2018	14	12,59	953	53,96	
4	0% FA9	25/03/2018	08/04/2018	14	12,77	970	54,92	
5	0% FA10	25/03/2018	08/04/2018	14	12,78	964	54,58	
1	30% FA6	20/03/2018	03/04/2018	14	12,65	893	50,56	50,04
2	30% FA7	20/03/2018	03/04/2018	14	12,89	922	52,20	
3	30% FA8	20/03/2018	03/04/2018	14	12,99	862	48,80	
4	30% FA9	20/03/2018	03/04/2018	14	13,21	961	54,41	
5	30% FA10	20/03/2018	03/04/2018	14	13,06	781	44,22	
1	35% FA6	21/03/2018	04/04/2018	14	12,74	960	54,35	53,65
2	35% FA7	21/03/2018	04/04/2018	14	13,01	973	55,09	
3	35% FA8	21/03/2018	04/04/2018	14	13,06	946	53,56	
4	35% FA9	21/03/2018	04/04/2018	14	13,16	960	54,35	
5	35% FA10	21/03/2018	04/04/2018	14	13,11	899	50,90	
1	40% FA6	22/03/2018	05/04/2018	14	12,90	946	53,56	54,52
2	40% FA7	22/03/2018	05/04/2018	14	13,02	965	54,64	
3	40% FA8	22/03/2018	05/04/2018	14	13,06	874	49,48	
4	40% FA9	22/03/2018	05/04/2018	14	13,08	1033	58,49	
5	40% FA10	22/03/2018	05/04/2018	14	13,00	997	56,45	
1	45% FA6	23/03/2018	06/04/2018	14	12,81	844	47,78	53,31
2	45% FA7	23/03/2018	06/04/2018	14	12,96	923	52,26	
3	45% FA8	23/03/2018	06/04/2018	14	12,93	956	54,13	
4	45% FA9	23/03/2018	06/04/2018	14	13,00	1009	57,13	
5	45% FA10	23/03/2018	06/04/2018	14	12,94	976	55,26	
1	50% FA6	24/03/2018	07/04/2018	14	12,82	851	48,18	49,55
2	50% FA7	24/03/2018	07/04/2018	14	13,06	914	51,75	
3	50% FA8	24/03/2018	07/04/2018	14	13,01	907	51,35	
4	50% FA9	24/03/2018	07/04/2018	14	13,13	897	50,79	
5	50% FA10	24/03/2018	07/04/2018	14	12,97	807	45,69	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Nilai Kuat Tekan Beton Selinder Umur 28 Hari

No.	Kode	Tanggal buat	Tanggal tes	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan hancur (KN)	Tekan hancur 28 hari (MPa)	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0% FA11	25/03/2018	22/04/2018	28	12,39	1040	58,88	55,97
2	0% FA12	25/03/2018	22/04/2018	28	12,61	901	51,01	
3	0% FA13	25/03/2018	22/04/2018	28	12,59	990	56,05	
4	0% FA14	25/03/2018	22/04/2018	28	12,77	999	56,56	
5	0% FA15	25/03/2018	22/04/2018	28	12,78	1013	57,35	
1	30% FA11	20/03/2018	17/04/2018	28	12,81	1007	57,01	57,23
2	30% FA12	20/03/2018	17/04/2018	28	13,15	902	51,07	
3	30% FA13	20/03/2018	17/04/2018	28	13,04	1081	61,20	
4	30% FA14	20/03/2018	17/04/2018	28	13,19	960	54,35	
5	30% FA15	20/03/2018	17/04/2018	28	12,96	1104	62,51	
1	35% FA11	21/03/2018	18/04/2018	28	12,81	1079	61,09	60,47
2	35% FA12	21/03/2018	18/04/2018	28	13,19	1089	61,66	
3	35% FA13	21/03/2018	18/04/2018	28	13,09	1111	62,90	
4	35% FA14	21/03/2018	18/04/2018	28	13,12	1099	62,22	
5	35% FA15	21/03/2018	18/04/2018	28	13,01	962	54,47	
1	40% FA11	22/03/2018	19/04/2018	28	13,06	1153	65,28	64,46
2	40% FA12	22/03/2018	19/04/2018	28	13,18	1147	64,94	
3	40% FA13	22/03/2018	19/04/2018	28	13,23	1094	61,94	
4	40% FA14	22/03/2018	19/04/2018	28	13,22	1110	62,85	
5	40% FA15	22/03/2018	19/04/2018	28	13,05	1189	67,32	
1	45% FA11	23/03/2018	20/04/2018	28	12,99	1014	57,41	61,38
2	45% FA12	23/03/2018	20/04/2018	28	13,09	1104	62,51	
3	45% FA13	23/03/2018	20/04/2018	28	13,06	1107	62,68	
4	45% FA14	23/03/2018	20/04/2018	28	13,02	1117	63,24	
5	45% FA15	23/03/2018	20/04/2018	28	12,95	1079	61,09	
1	50% FA11	24/03/2018	21/04/2018	28	12,96	1024	57,98	57,12
2	50% FA12	24/03/2018	21/04/2018	28	13,25	1018	57,64	
3	50% FA13	24/03/2018	21/04/2018	28	13,11	1038	58,77	
4	50% FA14	24/03/2018	21/04/2018	28	13,14	1010	57,18	
5	50% FA15	24/03/2018	21/04/2018	28	12,90	954	54,01	

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.4 Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data dari hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, hal ini bertujuan untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (Sudjana,2002; 496).

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian tidak digunakan atau dibuang, sehingga tertinggal data-data valid untuk diuji secara statistik.

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Tabel 4.22 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Prosentase 40% Fly Ash

No	Kuat Tekan (MPa)
1	65,28
2	64,94
3	61,94
4	62,85
5	67,32
l	64,46

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data diatas maka dicari nilai :

a)  $\bar{x} = 64,46 \text{ MPa}$

b)  $s = \sqrt{\frac{(65,28 - 64,46)^2 + (64,94 - 64,46)^2 + (61,94 - 64,46)^2 + (62,85 - 64,46)^2 + (67,32 - 64,46)^2}{5-1}}$   
 $= \sqrt{\frac{10,00}{4}} = 2,123$

c)  $P = \frac{1}{2} (1+0,95) = 0,975$

d)  $dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$

e)  $t_{0,975} = 2,776$

Dimana =

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata S

$s$  = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$  = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= \bar{x} - t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < \bar{x} < \bar{x} + t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= 64,46 - 2,776 \times \frac{2,491}{\sqrt{4}} < \bar{x} < 64,46 + 2,776 \times \frac{2,491}{\sqrt{4}}$$

$$= 64,46 - 2,64 < \bar{x} < 64,46 + 2,64$$

$$= 61,83 < \bar{x} < 67,10$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk pengujian kuat tekan umur 28 hari, diperoleh data yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1. Untuk data yang lain bisa dilihat pada tabel :

Tabel 4.23 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Variasi Fly Ash (%)	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
0	40,47	2,491	0,975	4	2,776	$37,38 < \mu < 43,56$
30	33,04	2,277	0,975	4	2,776	$30,21 < \mu < 35,87$
35	37,19	3,076	0,975	4	2,776	$33,37 < \mu < 41,00$
40	40,06	3,071	0,975	4	2,776	$36,25 < \mu < 43,87$
45	37,17	3,801	0,975	4	2,776	$32,46 < \mu < 41,89$
50	31,34	2,730	0,975	4	2,776	$27,95 < \mu < 34,73$

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data tabel interval kepercayaan diatas maka selanjutnya dilakukan penyortiran terhadap data-data yang tidak diterima dan ditentukan oleh range interval kepercayaan diatas. Berikut ini adalah tabel data yang telah di sortir :

Tabel 4.24 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Variasi Fly Ash (%)	Kode	Tekan hancur	Tekan hancur 7 hari (MPa)	Interval Kepercayaan	Keterangan	Tekan Rata-Rata 7 hari (MPa)
1	0	0% FA1	696	39,41	$37,38 < \mu < 43,56$	Memenuhi	39,55
2		0% FA2	685	38,78		Memenuhi	
3		0% FA3	674	38,16		Memenuhi	
4		0% FA4	780	44,16		Tidak Memenuhi	
5		0% FA5	739	41,84		Memenuhi	
1	30	30% FA1	589	33,35	$30,21 < \mu < 35,87$	Memenuhi	33,96
2		30% FA2	598	33,86		Memenuhi	
3		30% FA3	583	33,01		Memenuhi	
4		30% FA4	629	35,61		Memenuhi	
5		30% FA5	519	29,38		Tidak Memenuhi	
1	35	35% FA1	693	39,24	$33,37 < \mu < 41,00$	Memenuhi	38,53
2		35% FA2	562	31,82		Tidak Memenuhi	
3		35% FA3	676	38,27		Memenuhi	
4		35% FA4	690	39,07		Memenuhi	
5		35% FA5	663	37,54		Memenuhi	
1	40	40% FA1	713	40,37	$36,25 < \mu < 43,87$	Memenuhi	41,33
2		40% FA2	618	34,99		Tidak Memenuhi	
3		40% FA3	754	42,69		Memenuhi	
4		40% FA4	747	42,29		Memenuhi	
5		40% FA5	706	39,97		Memenuhi	
1	45	45% FA1	540	30,57	$32,46 < \mu < 41,89$	Tidak Memenuhi	38,83
2		45% FA2	674	38,16		Memenuhi	
3		45% FA3	666	37,71		Memenuhi	
4		45% FA4	704	39,86		Memenuhi	
5		45% FA5	699	39,58		Memenuhi	
1	50	50% FA1	560	31,71	$27,95 < \mu < 34,73$	Memenuhi	32,53
2		50% FA2	470	26,61		Tidak Memenuhi	
3		50% FA3	573	32,44		Memenuhi	
4		50% FA4	572	32,38		Memenuhi	
5		50% FA5	593	33,57		Memenuhi	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.25 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Variasi Fly Ash (%)	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0	53,39	2,249	0,975	4	2,776	50,60 < $\mu$ < 56,18
30	50,04	3,855	0,975	4	2,776	45,25 < $\mu$ < 54,82
35	53,65	1,630	0,975	4	2,776	51,63 < $\mu$ < 55,67
40	54,52	3,382	0,975	4	2,776	50,32 < $\mu$ < 58,72
45	53,31	3,559	0,975	4	2,776	48,89 < $\mu$ < 57,73
50	49,55	2,568	0,975	4	2,776	46,36 < $\mu$ < 52,74

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.26 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Variasi Fly Ash (%)	Kode	Tekan hancur	Tekan hancur 14 hari (MPa)	Interval Kepercayaan	Keterangan	Tekan Rata-Rata 14 hari (MPa)
1	0	0% FA6	955	54,07	50,60 < $\mu$ < 56,18	Memenuhi	54,38
2		0% FA7	873	49,43		Tidak Memenuhi	
3		0% FA6	953	53,96		Memenuhi	
4		0% FA9	970	54,92		Memenuhi	
5		0% FA10	964	54,58		Memenuhi	
1	30	30% FA6	893	50,56	45,25 < $\mu$ < 54,82	Memenuhi	51,49
2		30% FA7	922	52,20		Memenuhi	
3		30% FA8	862	48,80		Memenuhi	
4		30% FA9	961	54,41		Memenuhi	
5		30% FA10	781	44,22		Tidak Memenuhi	
1	35	35% FA6	960	54,35	51,63 < $\mu$ < 55,67	Memenuhi	54,34
2		35% FA7	973	55,09		Memenuhi	
3		35% FA8	946	53,56		Memenuhi	
4		35% FA9	960	54,35		Memenuhi	
5		35% FA10	899	50,90		Tidak Memenuhi	
1	40	40% FA6	946	53,56	50,32 < $\mu$ < 58,72	Memenuhi	55,78
2		40% FA7	965	54,64		Memenuhi	
3		40% FA8	874	49,48		Tidak Memenuhi	
4		40% FA9	1033	58,49		Memenuhi	
5		40% FA10	997	56,45		Memenuhi	
1	45	45% FA6	844	47,78	48,89 < $\mu$ < 57,73	Tidak Memenuhi	54,69
2		45% FA7	923	52,26		Memenuhi	
3		45% FA8	956	54,13		Memenuhi	
4		45% FA9	1009	57,13		Memenuhi	
5		45% FA10	976	55,26		Memenuhi	
1	50	50% FA6	851	48,18	46,36 < $\mu$ < 52,74	Memenuhi	50,52
2		50% FA7	914	51,75		Memenuhi	
3		50% FA8	907	51,35		Memenuhi	
4		50% FA9	897	50,79		Memenuhi	
5		50% FA10	807	45,69		Tidak Memenuhi	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.27 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Variasi Fly Ash (%)	X	S	P	dk	t <sub>0,975</sub>	Interval Kepercayaan
0	55,97	2,972	0,975	4	2,776	52,28 < $\mu$ < 59,66
30	57,23	4,741	0,975	4	2,776	51,34 < $\mu$ < 63,11
35	60,47	3,421	0,975	4	2,776	56,22 < $\mu$ < 64,71
40	64,46	2,123	0,975	4	2,776	61,83 < $\mu$ < 67,10
45	61,38	2,359	0,975	4	2,776	58,46 < $\mu$ < 64,31
50	57,12	1,829	0,975	4	2,776	54,85 < $\mu$ < 59,39

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.28 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Variasi Fly Ash (%)	Kode	Tekan hancur	Tekan hancur 28 hari (MPa)	Interval Kepercayaan	Keterangan	Tekan Rata-Rata 28 Hari (MPa)
1	0	0% FA11	1040	58,88	52,28 < $\mu$ < 59,66	Memenuhi	57,21
2		0% FA12	901	51,01		Tidak Memenuhi	
3		0% FA13	990	56,05		Memenuhi	
4		0% FA14	999	56,56		Memenuhi	
5		0% FA15	1013	57,35		Memenuhi	
1	30	30% FA11	1007	57,01	51,34 < $\mu$ < 63,11	Memenuhi	58,77
2		30% FA12	902	51,07		Tidak Memenuhi	
3		30% FA13	1081	61,20		Memenuhi	
4		30% FA14	960	54,35		Memenuhi	
5		30% FA15	1104	62,51		Memenuhi	
1	35	35% FA11	1079	61,09	56,22 < $\mu$ < 64,71	Memenuhi	61,97
2		35% FA12	1089	61,66		Memenuhi	
3		35% FA13	1111	62,90		Memenuhi	
4		35% FA14	1099	62,22		Memenuhi	
5		35% FA15	962	54,47		Tidak Memenuhi	
1	40	40% FA11	1153	65,28	61,83 < $\mu$ < 67,10	Memenuhi	63,75
2		40% FA12	1147	64,94		Memenuhi	
3		40% FA13	1094	61,94		Memenuhi	
4		40% FA14	1110	62,85		Memenuhi	
5		40% FA15	1189	67,32		Tidak Memenuhi	
1	45	45% FA11	1014	57,41	58,46 < $\mu$ < 64,31	Tidak Memenuhi	62,38
2		45% FA12	1104	62,51		Memenuhi	
3		45% FA13	1107	62,68		Memenuhi	
4		45% FA14	1117	63,24		Memenuhi	
5		45% FA15	1079	61,09		Memenuhi	
1	50	50% FA11	1024	57,98	54,85 < $\mu$ < 59,39	Memenuhi	57,89
2		50% FA12	1018	57,64		Memenuhi	
3		50% FA13	1038	58,77		Memenuhi	
4		50% FA14	1010	57,18		Memenuhi	
5		50% FA15	954	54,01		Tidak Memenuhi	

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.5 Analisa Regresi

Data kuat tekan beton yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub diatas, kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi kadar fly ash yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana,2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ . Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\sum Y = na + b \sum X + c \sum X^2$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2 + c \sum X^3$$

$$\sum X^2Y = a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4$$

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data kuat tekan beton umur 28 hari untuk diuji dengan regresi.

Dalam penelitian ini, nilai X yang digunakan adalah variasi kadar fly ash.

Tabel 4.29 Data Variasi Kadar Fly Ash dan Kuat Tekan Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

Variasi Kadar Fly Ash (%)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
30	58,77
35	61,97
40	63,75
45	62,38
50	57,89

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.30 Data Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	X	Y	$Y^2$	$X^2$	$X^3$	$X^4$	XY	$X^2Y$
1	30	58,77	3453,746	900,000	27000,00	810000,00	1763,057	52891,720
2	35	61,97	3839,964	1225,000	42875,00	1500625,00	2168,861	75910,120
3	40	63,75	4064,175	1600,000	64000,00	2560000,00	2550,035	102001,415
4	45	62,38	3891,005	2025,000	91125,00	4100625,00	2807,006	126315,287
5	50	57,89	3351,369	2500,000	125000,00	6250000,00	2894,551	144727,530
Total (Σ)	200	304,756	18600,259	8250,000	350000,000	15221250,000	12183,510	501846,072

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 5.5. maka didapat persamaan :

$$\begin{aligned} 304,756 &= 5a + 200b + 8250c \\ 12183,510 &= 200a + 8250b + 350000c \\ 501846,072 &= 8250a + 350000b + 15221250c \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$\begin{aligned} a &= -20,025 \\ b &= 4,2081 \\ c &= -0,0529 \end{aligned}$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -0,0529 x^2 + 4,2081 x - 20,025$$

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= b \sum XY - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} + c \sum X^2 Y - \frac{(\sum x^2)(\sum y)}{n} \\ &= 4,2081 \cdot 12183,510 - \frac{4,2081 \cdot 12183,510}{10} + -0,0529 \cdot 501846,072 - \\ &\quad \frac{-0,0529 \cdot 12183,510}{10} \\ &= -28,292 + 52,993 \\ &= 24,701 \end{aligned}$$

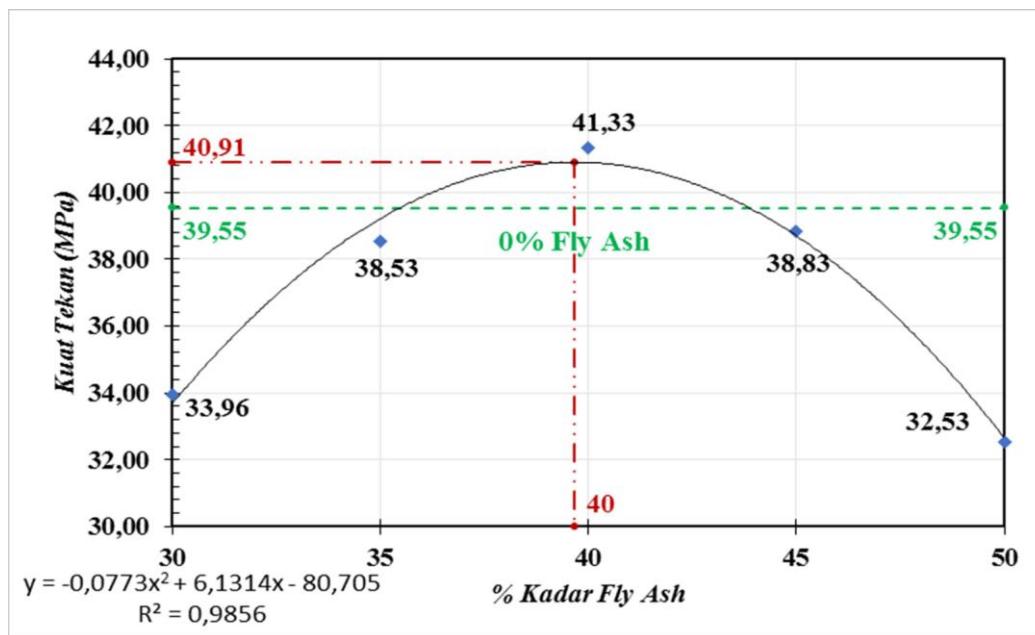
$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\ &= 18600,259 - \frac{(18600,259)^2}{10} \\ &= 25,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{24,701}{25,035} \\ &= 0,9867 \end{aligned}$$

$$R = \sqrt{0,9867} = 0,9933$$

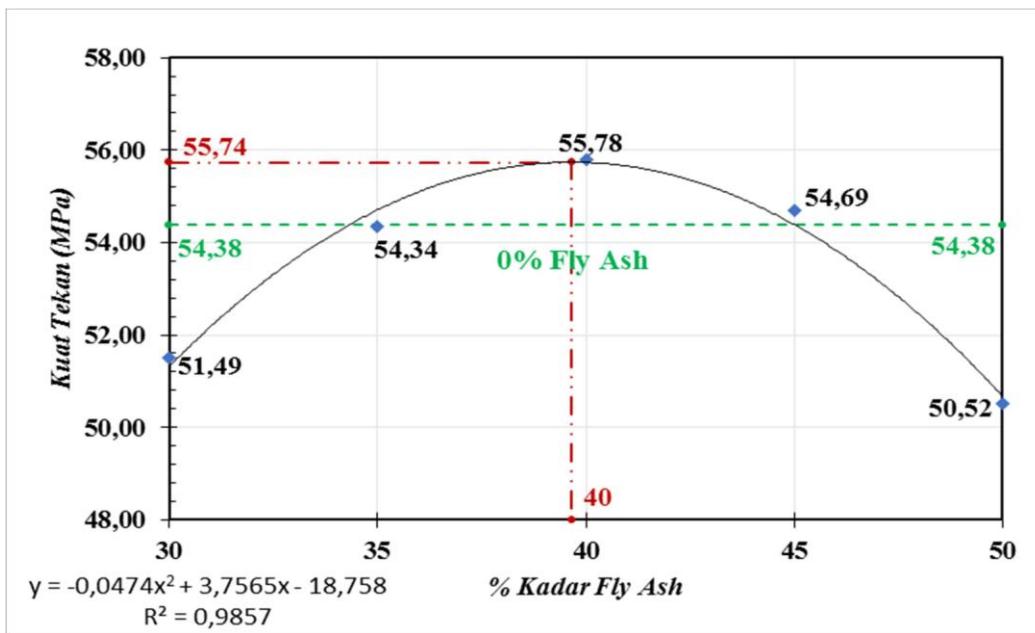
Data hasil pengujian kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara penambahan fly ash terhadap kuat tekan.

Grafik 4.6 Analisa Regresi Hubungan Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari



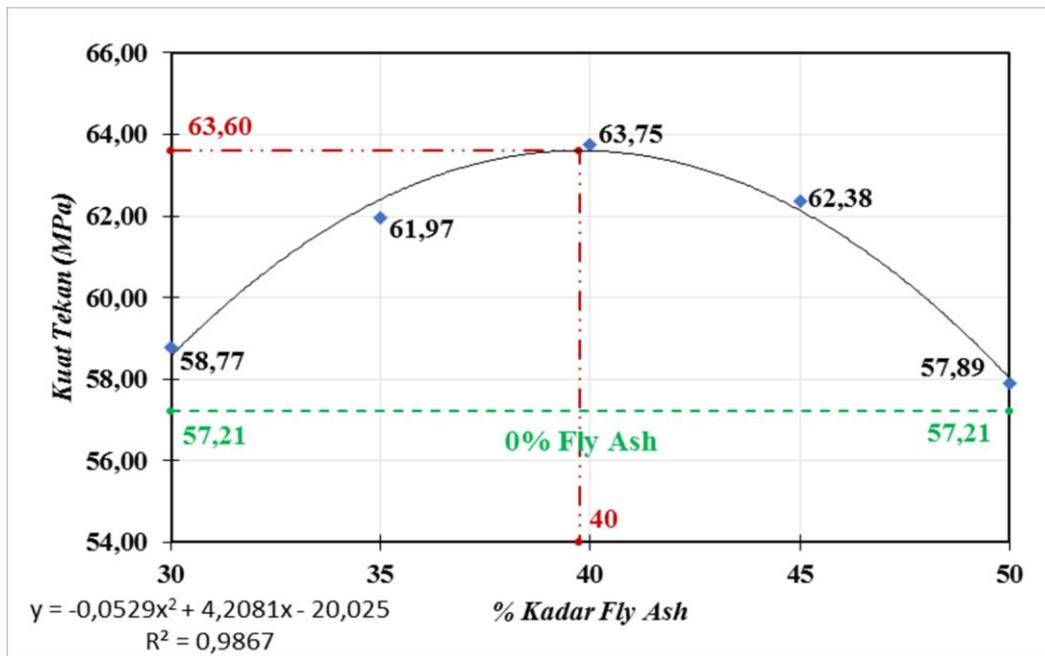
Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.7 Analisa Regresi Hubungan Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari



Sumber : Hasil Perhitungan

Grafik 4.8 Analisa Regresi Hubungan Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis regresi kuat tekan beton umur 28 hari, maka hubungan variasi kadar fly ash terhadap kuat tekan menghasilkan persamaan  $y = -0,0529x^2 + 4,2081x - 20,025$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9867 dan koefisien korelasi sebesar 0,9933. Hal ini berarti bahwa 98,67% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar fly ash sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain. Persamaan kurva yang didapatkan diatas dapat dipakai untuk menentukan optimasi penggunaan fly ash, yaitu dengan mencari titik ekstrem pada kurva. Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Untuk memberikan gambaran besar atau kecil derajat hubungan, maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.31 Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Terhadap Koefisien Korelasi**

Interval Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah/lemah
0,20 – 0,399	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

#### 4.6 Pengujian Hipotesis

Di dalam pengujian ini, nilai-nilai statistik di hitung kemudian dibandingkan dengan menggunakan kriteria tertentu. Jika hasil yang di peroleh jauh dari hasil yang diharapkan maka hipotesis di tolak dan jika hasil yang diperoleh masuk ke dalam kriteria maka hipotesis diterima.

Metode yang digunakan dalam pengujian hipotesis adalah pengujian Distribusi Student ( uji t ). Pengujian nilai t ini bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y). Dalam hal ini variabel bebas (X) adalah presentase dari optimasi fly ash dan variabel terikat (Y) adalah kuat tekan beton. Langkah pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

- I Rumusan hipotesis

Diasumsikan  $H_0$  = Tidak adanya pengaruh yang signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ( $F'c$  50 MPa).

$H_1$  = Adanya pengaruh yang signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ( $F'c$  50 MPa).

- Menentukan  $t_{tabel}$  pengujian dua arah dengan tingkat signifikannya 5% sehingga  $\alpha/2 = 0,05/2 = 0,025$  maka  $t_{tabel} = \alpha/2; n - k$  atau  $t_{tabel} = 0,025 ; 3 = 3,182$  ( $t_{tabel}$  dapat dilihat pada halaman lampiran).
- Menentukan  $t_{hitung}$

$$= R \times \sqrt{\frac{S^2}{n-k}}$$

$$= 0,9933 \times \sqrt{\frac{10,8}{10,8-2}}$$

$$= 14.897$$

- Penarikan Kesimpulan

Bila  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak

Bila  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima

Karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$  atau  $14,897 > 3,182$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, jadi di simpulkan ada pengaruh yang signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum terhadap kuat tekan beton dengan tingkat keyakinan 95%.

#### 4.7 Pembahasan

Setelah dilakukan perhitungan analisa regresi, dapat dilihat grafik yang telah dihubungkan untuk melihat kadar optimum penggunaan fly ash pada beton mutu tinggi. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut.

Dari grafik regresi kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya prosentase kadar fly ash 30%, 35%, dan 40%, kemudian terjadi penurunan nilai kuat tekan beton pada prosentase 45% dan 50%. Semakin bertambahnya prosentase penambahan fly ash maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan,

namun jika prosentase penambahan terlalu banyak akan mempengaruhi kuat tekan beton yang semakin menurun.

Berdasarkan hasil analisa regresi didapatkan persamaan  $\hat{Y} = -0,0529x^2 + 4,2081x - 20,025$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9867 dan koefisien korelasi (R) sebesar 0,9933. Hal ini berarti bahwa 98,67% perubahan nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh prosentase penggunaan fly ash sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dan koefisien korelasi (R) sebesar 0,9933 menggambarkan tingkat hubungan antara variabel sangat kuat karena berada diantara interval 0,80 – 1,00.

Dari uji hipotesis didapatkan nilai  $t_{hitung}$  sebesar 14,897, Sedangkan nilai  $t_{tabel}$  sebesar 3,182 dengan taraf signifikan  $\alpha = 0,05$ . Karena  $t_{hitung} > t_{tabel}$  yaitu  $14,897 > 3,182$  maka hasil analisa regresi adalah signifikan. Hal ini berarti  $H_a$  diterima dan  $H_0$  ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa optimasi penggunaaa fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi berpengaruh secara signifikan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian dan perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari adanya optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi, sesuai dengan rumusan masalah :

1. Adanya pengaruh secara signifikan dari optimasi penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan, hal ini dapat dibuktikan dari hasil pengujian hipotesis dan analisa regresi, dimana  $t_{hitung} = 14,897 > t_{tabel} = 3,182$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 98,67% dan koefisien korelasi (R) sebesar 0,9933. Maka hipotesis  $H_a$  diterima dan  $H_0$  ditolak.
2. Untuk nilai optimum penggunaan fly ash dengan kadar semen minimum pada beton mutu tinggi ( $F'c$  50 MPa) dapat dibuktikan dari kurva hasil pengujian analisa regresi, dimana hasil analisa tersebut menunjukkan nilai prosentase optimum penggunaan fly ash adalah 40%.
3. Kuat tekan beton yang dapat dicapai dengan kadar optimum 40% penggunaan fly ash adalah sebesar 63,60 MPa.

#### 5.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini dan menyadari adanya kekurangan dalam penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti semen, sebaiknya menggunakan semen jenis OPC (Ordinary Portland Cement)

karena semen jenis ini tidak memiliki kandungan pozolan agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.

2. Fly ash yang digunakan dalam penelitian sebaiknya dilakukan pengujian kandungan kimia maupun berat jenisnya lebih dahulu dikarenakan kandungan kimia yang ada pada fly ash dapat mempengaruhi kekuatan beton, selain itu juga dapat menentukan fly ash tersebut layak atau tidak layak untuk digunakan dalam campuran beton.
3. Penyiapan ataupun pemilihan jenis agregat sebaiknya dilakukan secara baik dan teliti, sehingga kualitas dari agregat yang digunakan sangat baik dan dapat menghasilkan kuat tekan beton sesuai dengan perencanaan.
4. Penggunaan admixture seperti superplasticizer untuk mengurangi pemakaian air dalam campuran beton dengan kadar semen minimum dapat membantu menghasilkan kelecanan (workability) yang baik agar mudah dalam pengerjaannya dan mutu beton.
5. Dari hasil penelitian ini, khususnya pada kuat tekan beton umur 28 hari menunjukkan kadar fly ash 40% sebagai kadar optimum, namun untuk kadar fly ash lebih dari 40% dalam hal ini kadar fly ash 45-50% juga dapat digunakan dalam campuran beton dikarenakan kuat tekannya lebih tinggi dari kuat tekan kadar 0% fly ash dan kuat tekan rencana.

## CURRICULUM VITAE

### A. Identitas diri

1. Nama Lengkap & Gelar	Mohammad Erfan, ST., MT
2. Jenis Kelamin	Laki-laki
3. Gol/Pangkat	III.b/Penata Muda Tingkat 1
4. Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
5. No. Induk Pegawai	P. 1031500508
6. NIDN	0726017704
7. Tempat & Tanggal Lahir	Lumajang / 26-01-1977
8. Alamat Rumah	Perum Joyogrand Blok DD No 24, Kel. Merjosari, Kec.Lowokwaru Kota Malang
9. Alamat Email	mohammaderfan@ftsp.itn.ac.id
10. No. Telepon / HP	08125294033
11. Alamat Kantor	Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang
12. No. Telepon / Fax	(0341) 551431 / (0341) 553015

### B. Riwayat Pendidikan Perguruan Tinggi

Tahun Masuk-Lulus	Jenjang	Perguruan Tinggi	Jurusan / Bidang Studi
1996-2001	S1	Institut Teknologi Nasional Malang	Teknik Sipil S-1
2004-2006	S2	Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	Struktur / Teknik Sipil

### C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)
1	2018	TINJAUAN KAJIAN KUALITAS BATA MERAH DENGAN MENGGUNAKAN FLAYASH SEBAGAI BAHAN CAMPURAN	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00
2	2017	KAJIAN ALTERNATIF DESIGN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TYPE STEEL ARCH PADA JEMBATAN TUKAT BANGKUNG KABUPATEN BADUNG BALI	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00
3	2016	STUDI ANALISA DESIGN MODEL STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA KABUPATEN NUNUKAN DENGAN METHODE LRFD	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)
1	2018	PENDAMPINGAN BANTUAN TEKNIS KONSTRUKSI BAJA GEDUNG PARKIR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG	Hibah Internal	Rp. 4.000.000,00
2	2017	Pendampingan Kampung Konservasi Sungai	Hibah Internal	Rp. 7.500.000,00
3	2016	PENDAMPINGAN BANTUAN TEKNIS PEMBANGUNAN MALL JEMBER ICON	Hibah Internal	Rp. 5.000.000,00

### E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/- Nomor/Tahun

1	Pendampingan Kampung Konservasi Sungai	Jurnal PAWON	2/2/2018
---	--	--------------	----------

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Seminar Ilmiah	Waktu & Tempat

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor HKI

**I. Pengalaman Merumuskan Rekayasa Sosial, Teknologi Tepat Guna, dan Rekayasa Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Rekayasa	Tahun	Jenis

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.



Malang, 02 Februari 2019

## CURRICULUM VITAE

### A. Identitas diri

1.	Nama Lengkap & Gelar	Sriliani Surbakti, ST., MT
2.	Jenis Kelamin	Perempuan
3.	Gol/Pangkat	III.b/Penata Muda Tingkat 1
4.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
5.	No. Induk Pegawai	P. 1031500509
6.	NIDN	0723077402
7.	Tempat & Tanggal Lahir	Mardinding / 23-07-1974
8.	Alamat Rumah	Jln.Kopianala 15F/7 Kelurahan Sekar Puro Sawojajar Malang
9.	Alamat Email	lianisurbakti@yahoo.com
10.	No. Telepon / HP	081358422638
11.	Alamat Kantor	Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang
12.	No. Telepon / Fax	(0341) 551431 / (0341) 553015

### B. Riwayat Pendidikan Perguruan Tinggi

Tahun Masuk-Lulus	Jenjang	Perguruan Tinggi	Jurusan / Bidang Studi
1992-1998	S1	STTL Jogjakarta	Teknik Lingkungan
2008-2010	S2	ITS Surabaya	Teknik Lingkungan

### C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)
1	2018	Proses Hidrolisa Enzimatis Limbah Batang Jagung Dengan Perlakuan Awal Menggunakan Larutan Basa Sebagai Upaya Peningkatan Kadar Gula Reduksi	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00
2	2017	Potensi Daun Kelor (Moringa Oleifera) Untuk Pembuatan Serbuk Minuman Instan Dengan Variasi Volume Tween 80 Dan Suhu Pengeringan Sebagai Minuman Antioksidan	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00
3	2016	Kajian Drainase Sistem Biopori di Kelurahan Tunjungrejo Kecamatan Sukun Kota Malang	Hibah Internal	Rp. 10.000.000,00

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)
1	2017	Penyusunan Kajian Lingkungan Hidup Strategis Review RTRW Kabupaten Nganjuk	Swadana	Rp. 175.000.000,00
2	2017	DESAIN TEKNOLOGI IPAL SISTEM ANAEROBIC BAFFLE REACTOR DI KELURAHAN GUNUNG SARI KECAMATAN PASANG KAYU KABUPATEN MAMUJU UTARA SULAWESI BARAT	Hibah Internal	Rp. 4.000.000,00

### E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

1	Volume
---	--------

1	HYDROLYSIS OF CORN STALK ENZYMATICS USING CELLULATION ENZYME AS AN EFFORTS TO INCREASE REDUCING SUGAR LEVELS	International Journal of Chemtech Research	12/2/2019
2	MORINGA LEAF POTENTIAL (MORINGA OLEIFERA) FOR THE MANUFACTURE OF INSTANT DRINK POWDER WITH VARIATIONS IN TWEEN 80 VOLUME AND DRYING TEMPERATURE AS AN ANTIOXIDANT DRINK	International Journal of Chemtech Research	11/4/2018

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Seminar Ilmiah	Waktu & Tempat

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor HKI

**I. Pengalaman Merumuskan Rekayasa Sosial, Teknologi Tepat Guna, dan Rekayasa Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Rekayasa	Tahun	Jenis

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.



Malang, 08 Februari 2019

(Sriiani Surbakti, ST., MT)  
 NIP. P. 1031500509

## CURRICULUM VITAE

### A. Identitas diri

1. Nama Lengkap & Gelar	Nenny Roostrianawaty, ST.,MT
2. Jenis Kelamin	Perempuan
3. Gol/Pangkat	III.a/Penata Muda
4. Jabatan Fungsional	Tenaga Pengajar
5. No. Induk Pegawai	P. 1031500533
6. NIDN	0721067502
7. Tempat & Tanggal Lahir	/ 21-06-1975
8. Alamat Rumah	Jl. L.A Sucipto gang 22B No. 11 Malang
9. Alamat Email	nennyroos.nr@lecturer.itn.ac.id
10. No. Telepon / HP	082234403301
11. Alamat Kantor	Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang
12. No. Telepon / Fax	(0341) 551431 / (0341) 553015

### B. Riwayat Pendidikan Perguruan Tinggi

Tahun Masuk-Lulus	Jenjang	Perguruan Tinggi	Jurusan / Bidang Studi
1993-1997	S1	Institut Teknologi Nasional Malang	Teknik Pengairan
1998-2000	S2	Universitas Brawijaya Malang	Teknik Sipil Sumberdaya Air

### C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rupiah)

### E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun

### F. Pemakalah Seminar Ilmiah (Oral Presentation) dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Seminar Ilmiah	Waktu & Tempat

### G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir**

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor HKI

**I. Pengalaman Merumuskan Rekayasa Sosial, Teknologi Tepat Guna, dan Rekayasa Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Rekayasa	Tahun	Jenis

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.



Malang, 08 Februari 2019

(Nenny Roostrianawaty, ST., MT)  
NIP. P. 1031500533

