



**PENGARUH SAMBUNGAN BASAH (WET CONCRETE JOINT)  
PADA BETON LENGKUNG**

**OLEH :**

**MIMIN SAVITRI**  
NIM. 111910301044

**DOSEN KONSULTASI :**

**ERNO WIDAYANTO, S.T., M.T.**  
**DWI NURTANTO, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTA TEKNIK**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2015**



**PENGARUH SAMBUNGAN BASAH ( WET CONCRETE JOINT )  
PADA BETON LENGKUNG**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Mimin Savitri  
NIM 111910301044**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tuaku yang telah bekerja keras demi mewujudkan keinginan dan membahagiakan anak-anakmu. Terimakasih atas semua cinta dan kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus demi suksesanku,
2. Kakak-kakaku tersayang, terima kasih atas segala hal yang telah dikorbankan dan diberikan kepadaku sehingga aku dapat menyelesaikan skripsiku ini,
3. Seluruh keluarga besar, terimakasih atas semua nasehat, doa, semangat, dan bimbingannya,
4. Keluarga besar Teknik Sipil 2011 yang telah banyak membantu serta bekerja sama untuk mencapai kesuksesan bersama sama.
5. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi,
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Hendaknya kita tidak mudah menyerah dalam menghadapi kesulitan karena Allah SWT akan memberikan kemudahan setelahnya.”

(QS. Al Insyiroh 94:6-7)

“Sesungguhnya Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al Baqarah [2] : 286)

“Hiduplah seakan akan kamu akan mati esok hari dan belajarlh seakan akan kamu hidup selamanya.”

(Mahatma Gandhi)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Mimin Savitri

NIM : 111910301044

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pengaruh Sambungan Basah ( Wet Concrete Joint ) pada Beton Lengkung" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2015

Yang menyatakan

Mimin Savitri

NIM 111910301044

**SKRIPSI**

**PENGARUH SAMBUNGAN BASAH  
( WET CONCRETE JOINT ) PADA BETON LINGKUNG**

Oleh

Mimin Savitri  
NIM 111910301044

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Erno Widayanto, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Nurtanto, ST., MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Pengaruh Sambungan Basah ( Wet Concrete Joint ) pada Beton Lengkung**”. Telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 9 April 2015

Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Erno Widayanto, ST.,MT.  
NIP.19700419 199803 1 002

Dwi Nurtanto, ST.,MT.  
NIP.19731015 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Akhmad Hasanuddin, ST.,MT.  
NIP.19710327 199803 1 003

Ir. Hernu Suyoso S, MT.  
NIP.19551112 198702 1 001

Mengesahkan

Fakultas Teknik  
Universitas Jember  
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh sambungan basah pada beton lengkung;** Mimin Savitri, 111910301044; 2015; 45 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Perkembangan konstruksi beton pracetak telah banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti sistem beton bertulang konvensional karena memiliki berbagai keunggulan diantaranya pengendalian mutu, waktu pelaksanaan yang lebih singkat, biaya yang lebih ekonomis dan pengaruh cuaca dapat diminimalkan. Pada struktur beton pracetak, bagian yang rawan adalah bagian sambungan yang menghubungkan elemen pracetak yang satu dengan yang lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sambungan basah (wet concrete joint) pada balok beton lengkung terhadap balok lengkung monolit ( tanpa sambungan ) dengan memperhitungkan kapasitas betonnya. Sambungan yang digunakan adalah sambungan basah dengan mutu beton K600 dan beton lengkungnya menggunakan mutu beton K175, K225, K250 dan K300. Perletakan sambungan berada ditengah bentang dengan 3 macam bentuk yaitu bentuk T terbalik dengan 2 dimensi yang berbeda dan bentuk H.

Dalam penelitian ekperimental ini, diperhitungkan kapasitas balok beton lengkung sambungan dan monolit dengan titik acuan tengah bentang. Sehingga didapat hasil analisa yang menyimpulkan bahwa kapasitas beton sambungan dengan mutu K600 memiliki kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton lengkung monolit dengan mutu K175, K225, K250 dan K300 secara teoritis. Namun pada hasil uji tekan dilapangan, beton lengkung sambungan runtuh terlebih dahulu ketika diberi beban yg lebih rendah dari beton monolit. Hal tersebut dikarenakan adanya sambungan pada beton lengkung tersebut dan menjadikan beton lengkung tidak mampu menahan beban yang diberikan meskipun menggunakan beton mutu tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sambungan basah (wet concrete joint) memiliki pengaruh berlawanan terhadap kekuatan beton lengkung monolit.



## SUMMARY

**The Effect of Wet Concrete Joint to the Concrete Arch;** Mimin Savitri, 111910301044; 2015; 45 pages; the Civil Engineering Department; the Faculty of Engineering; Jember University.

Development of precast concrete construction has been developed as an alternative to conventional reinforced concrete system because it has many advantages including quality control, shorter implementation time, costs are more economical and weather effects can be minimized. The part of precast concrete structure, prone section is a joint that connects the precast elements with each other. This study aims to determine the effect of wet concrete joint to the concrete arch to arch beams monolith (without joint) with calculating a capacity of the beams. The joint used is joint with the wet concrete quality K 600 and the arch beams using concrete quality K175, K225, K250 dan K300. Joints will be place in the middle of span with three kinds forms an inverted T shape with two different dimensions and shapes H.

In this experimental study, calculated capacity arched concrete beams and monolith joint with take a point mid span. So that obtained results of the analysis concluded that the capacity of the concrete joint with quality K600 has a higher capacity than arched concrete monolith with quality K175, K225, K250 dan K300 theoretically. However, results of the field test press showed that concrete arch joint collapses first when given the load that is lower than arch the concrete monolith. It is due a joint in the arch concrete and make the concrete arch is not able to strong a given load although use of high strength concrete. It can be concluded that wet concrete joint has the opposite effect on the strength of the concrete arch monolith.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh sambungan basah (wet concrete joint) pada balok beton lengkung”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

Erno Widayanto, ST., M.T. dan Dwi Nurtanto, ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing,

Akhmad Hasanuddin, ST., M.T. dan Ir. Hernu Suyoso S, M.T. selaku Dosen Penguji,

Kedua orang tua yang telah mencintai, merawat, dan mendidik dari lahir sampai saat ini,

Kakak-kakak yang selalu mendoakan saya hingga bisa menyelesaikan skripsi ini,

Ayu Prativi, Tri Wahyudi, Andiani Herlina yang telah membantu selama penelitian berlangsung,

Keluarga RS Jember yang telah menjadi keluarga kecil selama penulis di Jember,

Keluarga Besar Teknik Sipil 2011 yang selalu ada di setiap suka duka selama penulis di Jember dengan segala dukungan, semangat dan doanya,

Lucky Rudhy Aghazsi yang selalu ada di setiap situasi dan kondisi dengan segala dukungan, perhatian dan doanya,

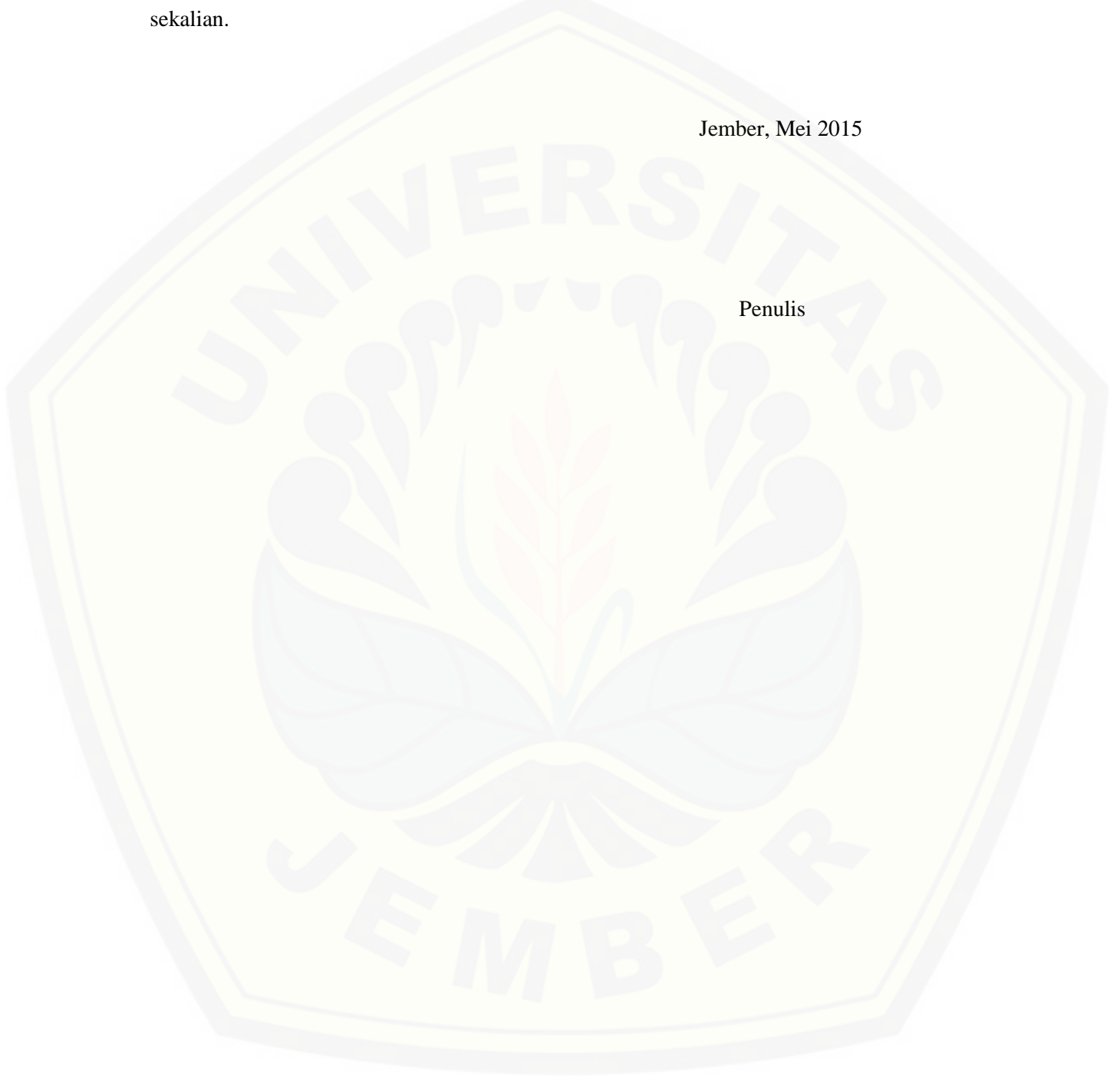
Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu,

Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, Mei 2015

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Landasan Teori</b>	
2.1.1.....	Teori Beton
Pracetak .....	4
2.1.2.....	Teori
Sambungan.....	7
2.1.3 Teori Beton Mutu Tinggi .....	8

<b>2.2 Tata cara pembuatan campuran beton normal</b> .....	13
2.2.1 Persyaratan umum.....	13
2.2.2 Perencanaan campuran.....	13
2.4.3 Bahan .....	14
<b>2.3 Perhitungan proporsi campuran</b> .....	14
2.3.1 Kuat tekan rata-rata.....	14
2.3.2 Pemilihan faktor air semen .....	16
2.3.3 Slump .....	16
2.3.4 Berat jenis relatif agregat .....	22
2.3.5 Proporsi campuran beton .....	22
<b>2.4 Kuat tekan beton</b> .....	23
<b>2.5 Modulus Elastisitas</b> .....	23
<b>2.6 Kapasitas Balok</b> .....	24
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	25
<b>3.1 Umum</b> .....	25
<b>3.2 Pelaksanaan Penelitian</b> .....	25
<b>3.3 Peralatan dan Bahan</b> .....	26
<b>3.4 Langkah Penelitian</b> .....	27
3.4.1 Studi Pustaka.....	27
3.4.2 Perencanaan campuran beton lengkung.....	27
3.4.3 Perencanaan campuran beton untuk sambungan basah	28
3.4.4 Model Sambungan .....	28
3.4.5 Tahap pengecoran beton lengkung .....	29
3.4.6 Tahap perawatan beton .....	30
3.4.7 Tahap penyambungan .....	30
3.4.8 Tahap pengujian.....	30
3.4.9 Analisis dan Pembahasan.....	31
3.4.10 Kesimpulan .....	31

3.4.11 Diagram Alir .....	32
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	34
<b>4.1 Hasil uji material</b> .....	34
<b>4.2 Perhitungan mix Design</b> .....	34
<b>4.3 Hasil uji tekan silinder</b> .....	36
4.3.1 Kuat tekan rata-rata.....	37
4.3.2 Modulus Elastisitas .....	37
<b>4.4 Gaya Dalam</b> .....	38
4.4.1 Kapasitas Balok .....	39
4.4.2 Kontrol keruntuhan balok .....	39
4.4.3 Perbandingan Kapasitas Balok Lengkung Monolit dan Sambungan.....	43
4.4.4 Analisis Luas Penampang Sambungan Terhadap Beban Maksimum .....	44
<b>BAB V. PENUTUP</b> .....	46
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	46
<b>5.2 Saran</b> .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	48

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Faktor pengali untuk deviasi standar .....	15
2.2 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) .....	17
2.3 Perkiraan kadar air bebas (kg/m <sup>3</sup> ) .....	17
2.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum .....	18
2.5 kekuatan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat .....	18
2.6 Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air .....	19
2.7 Persyaratan batas susunan besar butir agregat kasar .....	20
4.1 Hasil Uji Material .....	34
4.2 Perhitungan Mix design K 175 .....	34
4.3 Perhitungan Proporsi Volume K 175 .....	36
4.4 Hasil uji tekan silinder .....	36
4.5 Gaya Dalam Beton Lengkung .....	38
4.6 Kapasitas Balok .....	40
4.7 Kontrol Keruntuhan Lentur .....	41
4.8 Kontrol Keruntuhan Geser .....	41
4.9 Kontrol Keruntuhan Normal .....	41
4.10 Perbandingan Luas Penampang dan P max .....	45

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Beton precast untuk jembatan di lapangan .....	5
2.2 Macam- macam sambungan.....	8
2.3 Grafik pengaruh Superplastisizer terhadap kuat tekan .....	11
2.4 Grafik Pengaruh Silicafume terhadap kuat tekan .....	12
2.5 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji silinder) .....	20
2.6 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji kubus).....	25
3.1 Tipe sambungan A beton lengkung .....	28
3.2 Tipe sambungan B beton lengkung .....	28
3.3 Tipe sambungan C beton lengkung .....	29
4.1 Pengujian Kuat tekan beton silinder .....	37
4.2 Diagram Momen .....	38
4.3 Diagram Geser .....	39
4.4 Diagram Normal .....	39
4.5 Keruntuhan Beton Lengkung Sambungan .....	42
4.6 Diagram Tegangan Momen .....	43
4.7 Diagram tegangan geser .....	43
4.8 Diagram tegangan normal .....	43
4.9 Luas Penampang Sambungan .....	44
4.10 Diagram hubungan antara beban maksimum dan luas Penampang sambungan .....	45



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Perkembangan konstruksi beton pracetak telah banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti sistem beton bertulang konvensional dengan mengaplikasikannya ke berbagai macam bangunan sesuai dengan fungsinya. Pengembangan tersebut dilakukan karena beton pracetak yang memiliki berbagai keunggulan diantaranya pengendalian mutu, waktu pelaksanaan yang lebih singkat, biaya yang lebih ekonomis dan pengaruh cuaca dapat diminimalkan. Hal tersebut terbukti dengan adanya studi yang dilakukan oleh Zainul Khakim dkk (2011) yang membandingkan pengerjaan beton antara pracetak dan konvensional pada pelaksanaan konstruksi gedung dengan metode AHP. Studi tersebut menyebutkan bahwa beton pracetak memiliki kekuatan struktur yang lebih baik dibandingkan dengan beton konvensional dengan prosentase 76,7% keunggulan betok pracetak sedangkan beton konvensional 23,3%.

Pada struktur beton pracetak, bagian yang rawan adalah bagian sambungan yang menghubungkan elemen pracetak yang satu dengan yang lainnya. Dalam sistem beton pracetak terdapat dua jenis sambungan yaitu sambungan basah (wet-joint) dan sambungan kering (dry-joint). Untuk wet joint (in-situ concrete joint), penyambungan dilakukan dengan cara grouting atau pengecoran ditempat dengan material yang sama atau berbeda. Selain itu, struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan dry joint, tetapi membutuhkan setting-time beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Sedangkan pada dry-joint, penyambungan menggunakan baut, paku keling atau las dan untuk struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi.

Perubahan kekuatan yang diakibatkan oleh adanya sambungan akan mempengaruhi perilaku sistem struktur pracetak dalam merespon gaya statis. Jika

sambungan diletakkan pada daerah momen maksimum (ditengah bentang) dan bahan penyambung lebih kuat dari bahan yang disambung, maka akan menyebabkan daya dukung struktur terhadap beban statis lebih besar. Perilaku statis sendiri dapat diketahui dari hubungan antara gaya dan lendutan selain itu juga dapat diketahui dengan pola retak struktur hingga mencapai keruntuhan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hery Riyanto (2010) menyebutkan bahwa penggunaan beton polimer sebagai bahan penyambung sambungan basah dan adanya penulangan ganda pada sambungan tersebut menyebabkan kekuatan bahan sambungan lebih besar daripada kekuatan bahan elemen struktur yang disambung.

Berbeda halnya dengan penelitian yang dilakukan Vera A. Noorhidana yang meneliti tentang pengaruh letak sambungan basah yang menunjukkan sambungan *wet-joint* sebaiknya diletakkan di bagian geser maksimum (bagian tumpuan balok beton) pada balok beton bertulang dikarenakan memiliki kapasitas beban ultimit dan perilaku struktur yang mendekati beban ultimit dan perilaku struktur balok monolit jika dibandingkan sambungan diletakkan didaerah momen maksimum (di tengah bentang).

Dalam penelitian ini akan dibuktikan secara ekperimental pengaruh sambungan basah pada balok beton lengkung yang diletakkan di tengah bentang dengan tumpuan 2 sendi. Sambungan ini terdiri dari 3 model yang berbeda dengan menggunakan beton mutu tinggi sebagai pengganti atau alternatif dari beton bertulang konvensional agar tetap memiliki kuat tarik yang tinggi. Dalam penelitian ini, beton lengkung dengan sambungan basah akan dibandingkan dengan balok beton lengkung monolit ( tanpa sambungan ) sehingga dapat diketahui pengaruh sambungannya dengan memperhitungkan kapasitas betonnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

“Pengaruh sambungan basah (wet concrete joint) pada balok beton lengkung”

### **1.3 Batasan masalah**

1. Tidak melakukan analisa uji lendutan beton lengkung
2. Tidak melakukan perencanaan campuran untuk K600
3. Tidak melakukan pengujian kuat tarik
4. Tidak melakukan uji modulus elastisitas beton
5. Hanya menggunakan 1 variasi dimensi beton lengkung

### **1.4 Tujuan dan Manfaat**

Berdasarkan permasalahan yang ada, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sambungan basah (wet concrete joint) pada balok beton lengkung terhadap balok lengkung monolit ( tanpa sambungan ) dengan memperhitungkan kapasitas betonnya.

Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi serta referensi untuk penelitian selanjutnya yang memiliki kajian dalam bidang yang sama. Bagi peneliti, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik sipil dan meningkatkan wawasan serta pengetahuan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Landasan Teori

#### 2.1.1 Teori Beton Pracetak

Beton Pracetak atau juga disebut beton precast merupakan bahan beton yang telah dibuat di pabrik dengan bentuk sesuai cetakan, kemudian beton yang dicetak tersebut akan diangkut dan dipasang ke tempat lokasi konstruksi bangunan. **Beton Precast** buatan pabrik tersebut terbuat dari campuran bahan bangunan dengan berbagai ukuran sesuai standart yang ditentukan. Sehingga produk akhir beton pracetak memiliki tampilan yang alami.

Sebenarnya Beton Pracetak tidak berbeda jauh dengan beton biasa. Yang membuat berbeda adalah metode fabrikasinya. Pada umumnya penggunaan beton pracetak lebih ekonomis dibandingkan dengan beton cast-in-place atau beton yang pengecoran ditempat dengan alasan :

- a. Mengurangi biaya pemakaian bekisting
- b. Mereduksi biaya upah pekerja
- c. Mereduksi durasi pelaksanaan proyek, sehingga overhead yang di keluarkan kecil.

Dikarenakan Beton Precast dibuat tidak di tempat pelaksanaan proyek melainkan di tempat lain, misalnya pabrik dll, sehingga akan menambah biaya angkut untuk transport beton pracetak ke lokasi proyek. Keuntungan lain dari Beton Pracetak adalah :

- a. Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan
- b. Dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangannya
- c. Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana
- d. Pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit
- e. Mempunyai aspek positif terhadap schedule, terutama kemudahan di dalam melakukan pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pekerjaan

- f. Jumlah pekerja kantor proyek lebih sedikit. Demikian juga tenaga lapangan yang dibutuhkan untuk setiap unit komponen yang lebih kecil karena pekerjaan dapat dilaksanakan secara seri.
- g. Menggunakan tenaga buruh kasar sehingga upah relatif lebih murah
- h. Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan cast-in-situ dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen beton pracetak.
- i. Aspek kualitas, di mana beton dengan mutu prima dapat lebih mudah dihasilkan di lingkungan pabrik.
- j. Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca
- k. Biaya yang dialokasikan untuk supervisi relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan durasi proyek yang lebih singkat.
- l. Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat.
- m. Mampu mereduksi biaya konstruksi.
- n. Dapat dihasilkan bangunan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik.



Gambar 2.1 Beton precast untuk jembatan di lapangan

Dari pembahasan diatas, Beton Precast tetap lebih memiliki banyak kelebihan di bandingkan dengan kelemahannya. Ditinjau dari pengalokasian dana dalam suatu proyek sipil dan gedung :

- a. biaya kantor pusat : 6% – 8%
- b. biaya konstruksi: 65% – 70%
- c. biaya mekanikal : 10% -15%
- d. biaya listrik : 10% – 15%
- e. biaya kontingental : 10% -15%

Dapat dilihat biaya yang paling besar, adalah biaya untuk konstruksi bangunan gedung itu sendiri. Maka untuk menghemat biaya proyek kita harus cermat-cermat dalam mereduksi biaya konstruksi. Salah satu teknologi untuk mereduksi biaya konstruksi adalah dengan beton pracetak.

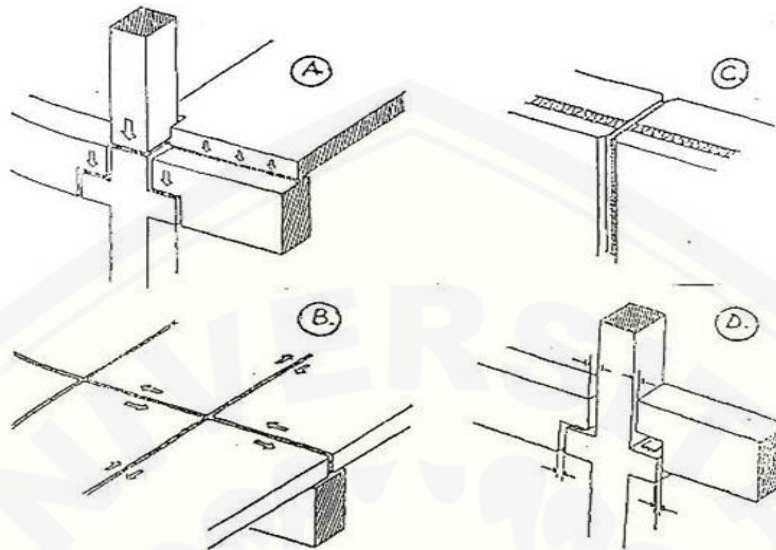
Selain kelebihan diatas, dalam hal kekuatan struktur dari beton precast sendiri memiliki keunggulan dibanding beton biasa. Hal tersebut terbukti berdasarkan Studi Pemilihan Pengerjaan Beton antara Pracetak dan Konvensional pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung dengan Metode AHP yang dilakukan oleh Zainul Khakim Dkk (2011) yang menyebutkan bahwa beton pracetak memiliki kekuatan struktur yang lebih baik dibandingkan dengan beton konvensional dengan prosentase 76,7% keunggulan betok pracetak sedangkan beton konvensional 23,3%. Dalam penggunaan beton precast, terdapat juga kendala yang terjadi yaitu :

- a. Membutuhkan investasi awal yang besar dan teknologi maju
- b. Dibutuhkan kemahiran dan ketelitian
- c. Diperlukan peralatan produksi ( transportasi dan ereksi )
- d. Bangunan dalam skala besar

## 2.1.2 Teori Sambungan

Pada struktur beton pracetak bagian yang rawan adalah pada bagian sambungan (*joint*) yang menghubungkan elemen pracetak yang satu dengan elemen pracetak lainnya. Dalam sistem beton pracetak dikenal dua jenis sambungan, yaitu sambungan basah (*wet-joint*) dan sambungan kering (*dry-joint*). Untuk *wet-joint* (*in-situ concrete joint*), struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan *dryjoint*, tetapi membutuhkan *setting-time* beton cukup lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Pada *dry-joint*, struktur yang terbentuk kurang monolit, setelah proses instalasi sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi, kelemahannya: toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan (Noorhidana, 2001). Oleh karena itu, sebaiknya menggunakan sambungan basah (*wet-joint*) dalam penggunaan beton pracetak. Pada umumnya sambungan – sambungan biasa dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Sambungan yang pada pemasangan harus langsung menerima beban ( biasanya beban vertical ) akibat beban sendiri dari komponen (lihat gambar A)
- b. Sambungan yang pada keadaan akhir akan harus menerima beban-beban yang selama pemasangan diterima oleh pendukung pembantu (lihat gambar B)
- c. Sambungan pada mana tidak ada persyaratan ilmu gaya tapi harus memenuhi persyaratan lain seperti : kekedapan air, kekedapan suara (lihat gambar C)
- d. Sambungan-sambungan tanpa persyaratan konstruktif dan semata-mata menyediakan ruang gerak untuk pemasangan (lihat gambar D)



Gambar 2.2 Macam- macam sambungan

### 2.1.3 Teori Beton Mutu Tinggi (High Strength Concrete)

Beton mutu tinggi merupakan sebuah tipe beton performa tinggi yang secara umum memiliki kuat tekan 40 Mpa atau lebih. Ukuran kuat tekannya diperoleh dari silinder beton 150 mm – 300 mm atau silinder 100 mm – 200 mm pada umur 56 atau 90 hari ataupun umur yang telah ditentukan tergantung pada aplikasi yang diinginkan. Beberapa faktor utama yang menentukan keberhasilan pengadaan beton mutu tinggi yaitu :

#### 1. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen merupakan angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen. Pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian fas bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif cementitious, yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi. Faktor air semen yang rendah merupakan faktor yang paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan. Dengan demikian semakin besar volume faktor air semen



(fas) maka semakin rendah kuat tekan betonnya. Idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi. Akan tetapi karena kesulitan pemadatan, maka dibawah fas tertentu yaitu sekitar 0,30 kekuatan beton menjadi lebih rendah dikarenakan betonnya kurang padat akibat kesulitan pemadatan. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (vibrator) atau dengan bahan kimia tambahan ( chemical admixture) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodinuljo, 1992). Untuk membuat beton mutu tinggi faktor air semen yang dipergunakan antara 0,28 sampai 0,38. Untuk beton bermutu sangat tinggi faktor air semen yang dipergunakan lebih kecil dari 0,2 (Jianxin ma dan Jorg Dietz, 2002).

## 2. Kualitas agregat halus ( pasir )

Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- a. Berbentuk bulat
- b. Terktur halus (smooth texture)
- c. Bersih
- d. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)
- e. Modulus kehalusan (fineness modulus). Pasir dengan modulus kehalusan 2,5 s.d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi ( dengan fas rendah ) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal.

## 3. Kualitas agregat kasar ( batu pecah / koral )

Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah :

- a. Porositas rendah

Porositas yang rendah akan menghasilkan adukan yang seragam (uniform) dalam arti mempunyai keteraturan atau keseragaman yang baik pada mutu maupun nilai slumpnya. Akan sangat baik bila bisa digunakan agregat kasar dengan tingkat penyerapan air ( water absorption ) yang kurang dari 1 %.

Bila tidak, hal ini bisa menimbulkan kesulitan dalam mengontrol kadar air total pada beton segar dan bisa mengakibatkan kekurangan teraturan (irregularity) dan deviasi yang besar pada mutu dan nilai slump beton yang dihasilkan.

b. Bentuk fisik agregat

Batu pecah dengan bentuk kubikal dan tajam akan menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat karena bentuk kubikal dan tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dengan mortar.

c. Ukuran maksimum agregat

Pemakaian agregat yang lebih kecil (kurang dari 15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi. Namun pemakaian agregat kasar dengan ukuran maksimum 25 mm masih menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik dalam produksi beton mutu tinggi.

d. Bersih

e. Kuat tekan hancur tinggi

f. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

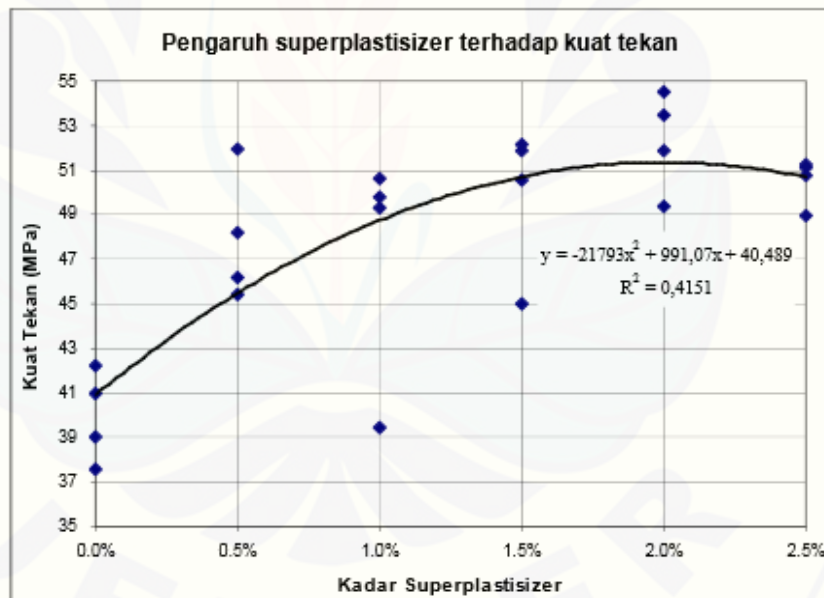
4. Penggunaan admixture dan aditif mineral dalam kadar yang tepat

Beton mutu tinggi dapat diperoleh dengan mencampurkan *superplastisizer* (*high range water reducer*) dan aditif mineral yang bersifat cementitious yang berupa abu terbang (*fly ash*), *pozzofume* (*super fly ash*), mikrosilika (*silicafume*) dengan kadar yang tepat. Jika bahan admixture dan aditif dicampur dengan kadar yang tidak tepat hasilnya akan sebaliknya yaitu dapat menurunkan kuat tekannya.

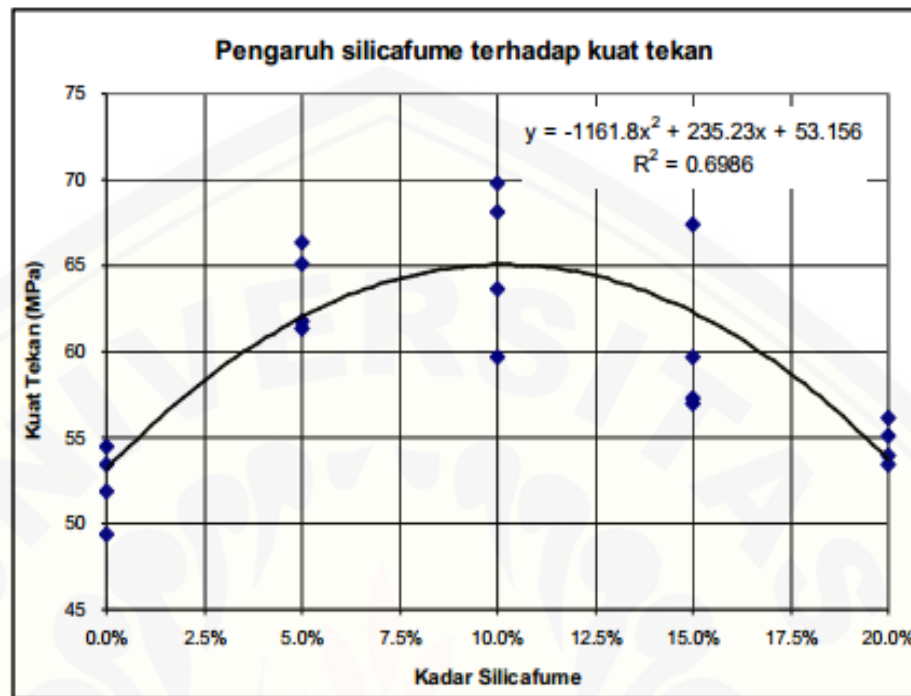
Penggunaan *superplastisizer* atau *high range water reducer*) dan menghasilkan nilai slump yang optimal pada beton segar (*workable*) sehingga bisa dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik. Superplastisizer mutlak diperlukan pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi karena fungsinya

sangat rendah. Namun dalam segala hal, penggunaan superplastisizer harus sesuai dengan standar ASTM-C 494-81 tipe F.

Ketepatan dosis penambahan superplastisizer umumnya perlu dibuktikan dengan membuat campuran percobaan ( trial mixes ) dengan beberapa superplatisizer hingga mendapatkan hasil yang optimum dalam memenuhi syarat kelecakan yang direncanakan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh A Pujianto (2011) menyebutkan bahwa kuat tekan beton optimum tanpa silicafume yang dapat dicapai sebesar 51,35 Mpa dengan kadar superplastisizer sebesar 2% dan slump sebesar 12,90 cm. Untuk kuat tekan beton optimum yang dapat dicapai sebesar 65,062 Mpa dengan kadar silicafume 10%, kadar superplastisizer 2% dan slump sebesar 9,20 cm.



Gambar 2.3 Grafik pengaruh superplastisizer terhadap kuat tekan



Gambar 2.4 Grafik Pengaruh Silicafume terhadap kuat tekan

5. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton

Untuk menghasilkan beton mutu tinggi maka dibutuhkan prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton yang meliputi :

- a. Uji material
- b. Sensor dan pengelompokan material
- c. Penakaran dan pencampuran
- d. Pengadukkan
- e. Pengangkutan
- f. Pengecoran
- g. Perawatan

## 2.2 Tata cara pembuatan campuran beton normal (SNI T-15-1990-03)

### 2.2.1 Persyaratan umum

- a. Proposi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:
  - (i) kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
  - (ii) keawetan;
  - (iii) kuat tekan;
  - (iv) ekonomis;
- b. Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah
- c. bahan – bahan yang digunakan pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah
- d. Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

### 2.2.2 Perencanaan campuran

1. Rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan factor air semen
2. Untuk beton dengan nilai  $f'_c$  lebih dari 20 Mpa proporsi campuran coba serta pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan
3. Untuk beton dengan nilai  $f'_c$  hingga 20 Mpa pelaksanaan produksinya boleh menggunakan perbandingan volume. Perbandingan volume bahan ini harus didasarkan pada perencanaan proporsi campuran dalam berat yang dikonversikan kedalam volume melalui berat isi rata-rata antara gebur atau padat dari masing –masing bahan

### 2.2.3 Bahan

- a. Air harus memenuhi persyaratan yang berlaku
- b. Semen harus memenuhi SNI 15-2049-1994 tentang semen Portland
- c. Agregat harus memenuhi SNI 03-1750-1990 tentang Mutu dan cara uji agregat beton

## 2.3 Perhitungan proporsi campuran

### 2.3.1 Kuat tekan rata rata

Kuat tekan rata rata dapat dihitung dari :

- a. Deviasi standar yang di dapat dari pengalaman dilapangan selama produksi beton menurut rumus :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

dengan:

s adalah deviasi standar

$x_i$  adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji.

$\bar{x}$  adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji). Dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- (1) Mewakili bahan - bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan;

- (2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$  yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai  $f_{cr}$  yang ditentukan;
- (3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari;
- (4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi pasal 2.3.1 butir 1), tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan factor pengali dari Tabel 1.

Tabel 2.1 Faktor pengali untuk deviasi standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi
Kurang dari 15	Lihat butir 2.3.1

- (5) bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 2.3.1) di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$  MPa);
- b. Nilai tambah dihitung menurut rumus:

$$M = 1,64 \times s_r$$

Dengan :

M adalah nilai tambah

1,64 adalah tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

$S_r$  adalah deviasi standar rencana

- c. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung menurut rumus berikut:

$$f_{cr} = f'_c + M$$

$$f_{cr} = f'_c + 1,64 s_r$$

### 2.3.2 Pemilihan factor air semen

Factor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

- 1) Hubungan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2 dan Grafik 1 atau 2;
- 2) Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, (Tabel 4,5,6)

### 2.3.3 Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan, antara lain :

a. Besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan;
- 2) Sepertiga dari tebal pelat;
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

b. Kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada table 2 dan grafik 1 atau 2;
- 2) A gregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Dengan:

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3



Tabel 2.2  
Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan  
Factor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat	Kekuatan tekan (MPa)			Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)			
		3	7	28	
Semen Portland	Batu tak dipecahkan	17	23	33	Silinder
Semen tahan sulfat	Batu pecah		40		
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	Kubus
Semen Portland tipe III	Batu pecah		48		
	Batu tak dipecahkan	21	28	38	Silinder
	Batu pecah		44		
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	Kubus
	dipecahkan		53		

Tabel 2.3  
Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa  
tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

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

Catatan : Koreksi suhu udara :

Untuk suhu di atas  $25^{\circ}\text{C}$ , setiap kenaikan  $5^{\circ}\text{C}$  harus ditambah air 5 liter per  $\text{m}^2$  adukan beton.

Tabel 2.4

Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagai Macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

Tabel 2.5

Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub>		Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> )			Factor air semen	
	Total SO <sub>3</sub> (%)	Dalam tanah SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l	Sulfat (SO <sub>3</sub> ) Dalam air Tanah g/l	Tipe semen			
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)			0,50
				40 mm	20 mm	10 mm	

				Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tip ell atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tip ell atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe V	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tip ell atau Tipe V Lapisan pelindung	330	370	420	0,45

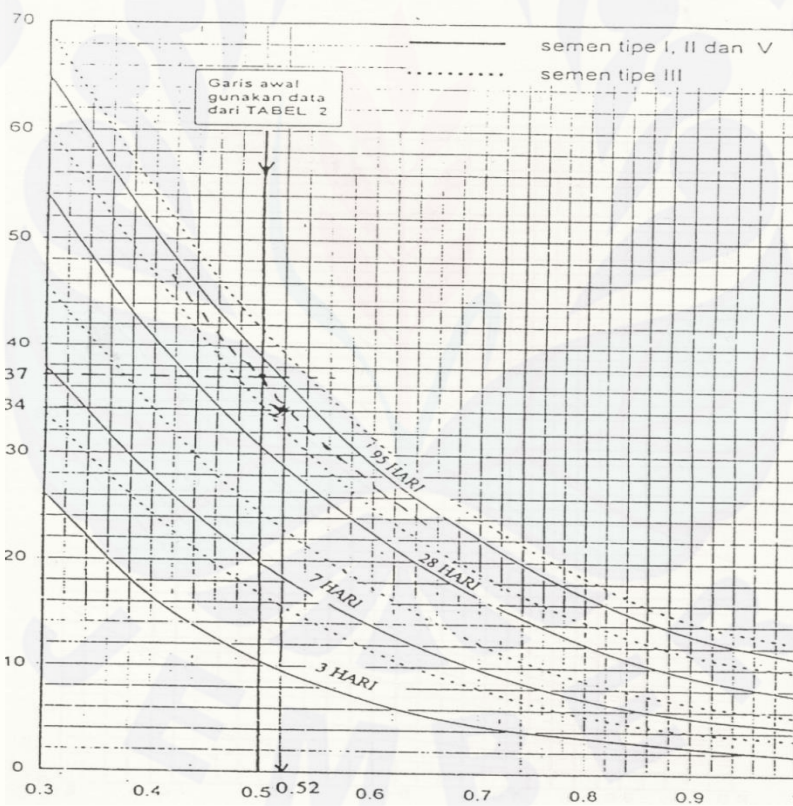
Tabel 2.6 Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Factor air semen maksimum	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0,50	Tipe – V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozalen	340	380
	Air laut	0,50	Tip ell atau Tipe V		
		0,45	Tipe II atau Tipe V		

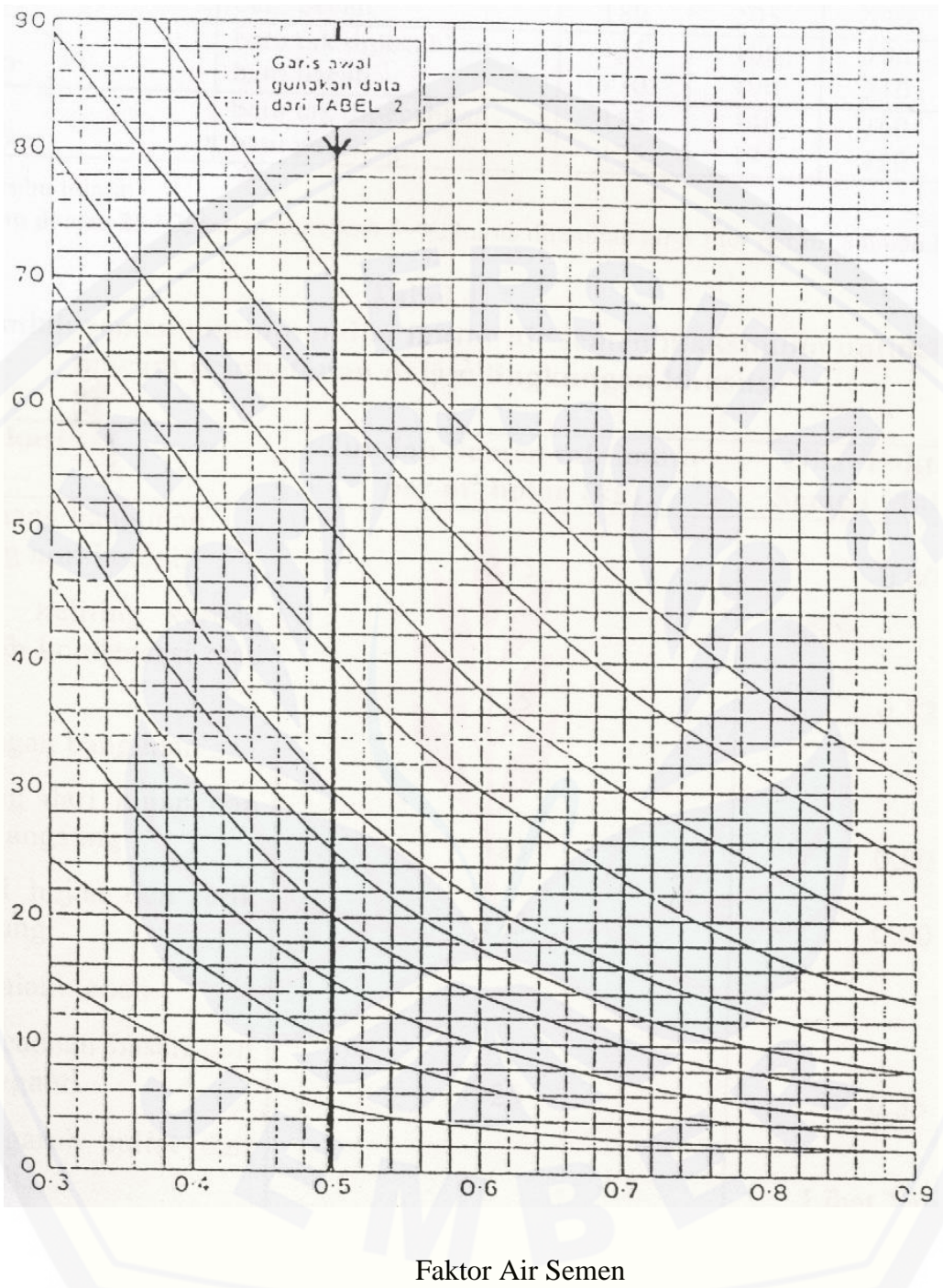
Tabel 2.7

Persyaratan batas- batas susunan besar butir agregat kasar ( kerikil atau koral)

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



Gambar 2.5 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)



Faktor Air Semen

Gambar 2.6. Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm)

### 2.3.4 Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

- 1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini: (1) agregat tak dipecah : 2,5  
(2) agregat dipecah : 2,6 atau 2,7
- 2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:  
berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

### 2.3.5 Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton (semen, air, agregat halus dan agregat kasar) harus dihitung dalam kg per m<sup>3</sup> adukan.

#### Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$1) \text{ air} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100;$$

$$2) \text{ agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times C/100;$$

$$3) \text{ agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100$$

Dengan:

B adalah jumlah air

C adalah jumlah agregat halus

D adalah jumlah agregat kasar

C<sub>a</sub> adalah absorpsi air pada agregat halus(%)

D<sub>a</sub> adalah absorpsi agregat kasar (%)

C<sub>k</sub> adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

D<sub>k</sub> adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

## 2.4 Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang disyaratkan, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*.

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1989), besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dengan:  $f'c$  = kuat tekan beton

P = beban tekan maksimum

A = luas permukaan benda uji

## 2.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah hubungan linier antara tegangan dan regangan yang sangat penting dan banyak digunakan. Modulus elastisitas beton (E), nilainya tergantung pada mutu beton terutama dipengaruhi oleh material dan proporsi campuran beton. Namun untuk analisis perencanaan struktur beton yang menggunakan beton normal dengan kuat tekan yang tidak melampaui 60 Mpa atau beton ringan dengan berat jenis yang tidak kurang dari 2000 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan yang tidak melampaui 40 Mpa nilai  $E_c$  bisa diambil sebagai :

- $E_c = Wc^{1.5}(0,043 \sqrt{F'c})$ , dengan pertimbangan bahwa kenyataannya harga ini bisa bervariasi  $\pm 20\%$ .  $Wc$  menyatakan berat jenis beton dalam satuan kg/m<sup>3</sup>,  $f'c$  Mpa.
- Untuk beton normal dengan massa jenis sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>,  
 $E_c = 4700\sqrt{F'c}$  dinyatakan dalam Mpa atau
- Ditentukan dari hasil pengujian.

## 2.6 Kapasitas Balok

Kapasitas balok merupakan kemampuan balok dari dalam balok itu sendiri untuk menahan beban dari gaya . Kapasitas balok ini terdiri dari kapasitas lentur, geser dan juga normal. Berikut persamaannya :

$$F_{lt} = 0,7\sqrt{F_{c'}} \text{ (MPa)}$$

$$V_c = \frac{1}{6}\sqrt{F_{c'}} \times b \times h \text{ (N)}$$

$$N_n = F_{c'} \times b \times h \text{ (N)}$$

Dimana :

$F_{lt}$  = Kapasitas Lentur (Mpa)

$V_c$  = Kapasitas Geser (N)

$N_n$  = Kapasitas Normal atau Axial (N)

$F_{c'}$  = Mutu Beton

$b$  = lebar balok

$h$  = tinggi balok



## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Umum**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan membuat beton balok lengkung yang terdapat sambungan dibagian tengah bentang dan juga beton lengkung monolit. Sambungan tersebut menggunakan sambungan basah ( wet concrete joint). Bentuk sambungan tersebut terdiri dari 3 macam yaitu bentuk T terbalik dengan 2 dimensi yang berbeda dan H. Pada beton balok lengkung ini menggunakan 4 mutu beton yang berbeda yaitu K 175, K225, K250 dan K300. Sedangkan untuk sambungan basahnya menggunakan beton mutu tinggi yaitu K600. Panjang bentang beton balok lengkung yaitu 1 meter dengan tinggi yaitu 13 cm dan dimensinya yaitu 12 cm x 6 cm. Dari ketiga macam bentuk sambungan tersebut, akan diuji kuat tekan beton pelengkungnya. Bentuk sambungan yang mampu menahan beban paling besar adalah sambungan yang paling kuat. Dan nantinya sambungan tersebut akan dibandingkan dengan kapasitas balok beton lengkung monolit dengan memperhitungkan kapasitas betonnya.

### **3.2 Pelaksanaan Penelitian**

Lokasi penelitian ini bertempat di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Terdapat 2 tahap pada pelaksanaan penelitian ini yaitu :

- a. Tahap pertama yaitu pembuatan beton balok lengkung dengan 4 mutu yaitu K175, K225, K250 dan K300 dengan campuran beton yang telah direncanakan
- b. Tahap kedua yaitu pembuatan campuran beton sambungan basah dengan mutu tinggi yaitu K600 sebagai penyambung beton balok lengkung yang telah siap

### **3.3 Peralatan dan Bahan**

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

**Alat Pengujian Agregat**

1. Oven
2. Satu set ayakan ASTM
3. Timbangan
4. Kontainer
5. Mounting table
6. Keranjang sample
7. Alat perojok dan besi dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm
8. Alat penggetar (Shieve Shaker)
9. Picnometer 100 cc

**Alat Mengecor**

1. Concrete Mixer Machine
2. Timbangan
3. Penggaris/meteran
4. Besi penumbuk
5. Kerucut Abrams
6. Cetakan silinder beton diameter 15cm dan panjang 30 cm.
7. Cetakan lengkung

**Alat Uji Lendutan**

1. Dial Ring
2. Poving Ring
3. Hidraulik Pump
4. Dongkrak

## **Bahan Uji Agregat**

Air

Pasir SSD

Kerikil SSD

Pasir

Kerikil

## **3.4 Langkah Penelitian**

### **3.4.1 Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan bahan acuan yang tepat dalam penyusunan tugas akhir ini. Studi pustaka berupa informasi yang diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-karangan ilmiah, tesis atau disertasi, peraturan-peraturan, ketetapan-ketetapan, ensiklopedia, maupun sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik. Dengan adanya studi pustaka ini dapat menambah informasi mengenai permasalahan yang akan di bahas dalam tugas akhir ini.

### **3.4.2 Perencanaan campuran beton balok lengkung**

Terdapat 4 mutu beton yang telah direncanakan untuk beton balok lengkung dengan mengacu pada SNI T-15-1990-03 tentang Tata cara pembuatan campuran beton normal sehingga di dapat proporsi sebagai berikut :

1. Mutu beton K 175

Proporsi air : semen : pasir : kerikil = 0,52 : 1 : 1,52 : 1,96

2. Mutu beton K 225

Proporsi air : semen : pasir : kerikil = 0,52 : 1 : 1,49 : 2

3. Mutu beton K 250

Proporsi air : semen : pasir : kerikil = 0,52 : 1 : 1,45 : 2,03

4. Mutu beton K 300

Proporsi air : semen : pasir : kerikil = 0,50 : 1 : 1,33 : 1,90

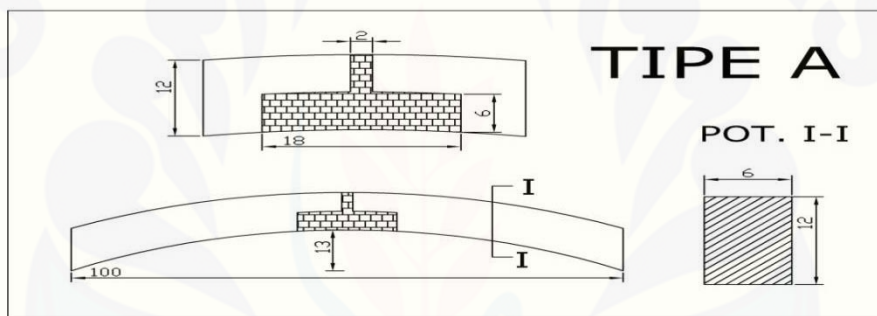
### 3.4.3 Perencanaan campuran beton untuk sambungan basah

Dalam perencanaan campuran mutu tinggi ini, mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Miftah Rahmatullah (2014) tentang “Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Uhpfc Dengan Perubahan Komposisi Silica Fume Dan Silica Powder, Bendrat, Dan Bonding Agent” sehingga didapat proporsi sebagai berikut :

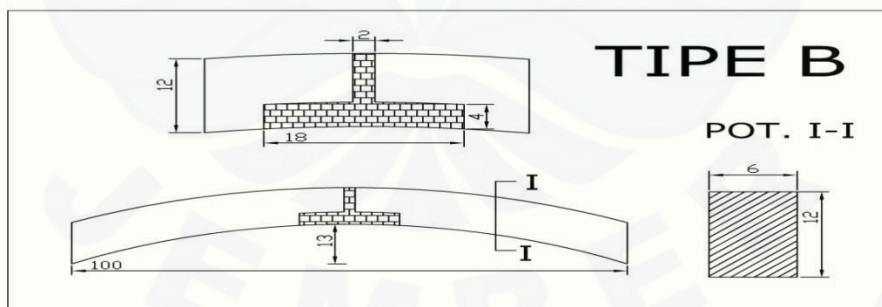
1. Mutu beton K 600

Proporsi air : semen : pasir : SikaCim = 0,22 : 1 : 1,2 : 0,02

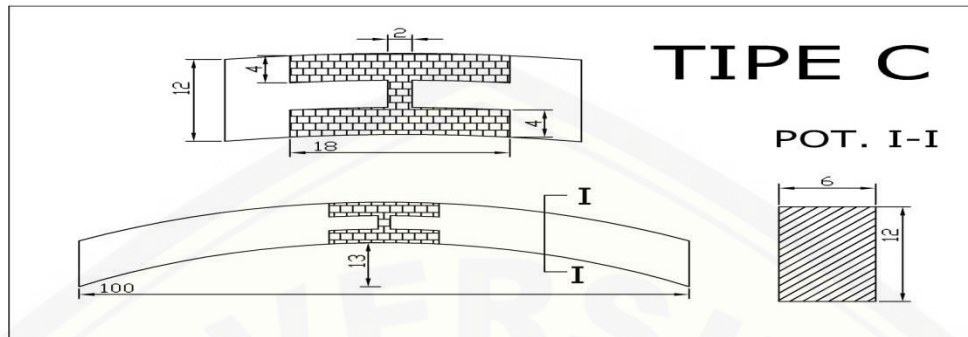
### 3.4.4 Model Sambungan



Gambar 3.1 Tipe Sambungan A Beton Lengkung



Gambar 3.2 Tipe Sambungan B Beton Lengkung



Gambar 3.3 Tipe Sambungan C Beton Lengkung

Dilihat dari gambar 3.1 ; 3.2 dan 3.3 diatas dapat diketahui bahwa sambungan ini terdiri dari 3 macam bentuk yang berbeda yang terdapat ditengah bentang. Dalam penyatuan beton balok lengkung dengan sambungan ini, digunakan bonding agent yaitu SikaBond yang berfungsi untuk menyatukan beton lama (beton balok lengkung) dengan beton baru (sambungan basah). Bonding agent ini dicampur dengan semen dan proporsinya telah ditentukan pada petunjuk pemakaian yang tertera.

#### 3.4.5 Tahap pengecoran beton lengkung

1. Menyiapkan bahan bahan pengecoran yaitu semen, air, pasir kerikil sesuai perencanaan Mix Desain
2. Mempersiapkan Concrete Mixer Machine
3. Memasukkan bahan bahan yaitu semen, air, pasir dan kerikil kedalam Concrete Mixer Machine
4. Mengaduk bahan bahan tersebut hingga menjadi adonan beton segar yang sempurna
5. Mengambil sebagian adonan untuk uji slump yaitu  $10 \pm 2$
6. Memasukkan adonan beton segar ke bekisting yang telah disediakan
7. Diamkan adonan beton segar tersebut mengeras.

## **3.4.6 Tahap perawatan**

1. Diamkan adonan beton segar hingga mengeras  $\pm$  24 jam
2. Lepaskan bekisting dari beton yang telah padat
3. Rendam beton tersebut kedalam air

## **3.4.7 Tahap penyambungan ( sambungan basah dengan mutu tinggi K600)**

1. Angkat beton pelengkung dari rendaman
2. Diamkan beton lengkung  $\pm$  24 jam agar mengering dan dapat di sambung
3. Menyiapkan bahan penyambung yaitu semen, pasir, air dan SikaCim sesuai dengan perencanaan mix desain
4. Mempersiapkan Concrete Mixer Machine
5. Memasukkan bahan bahan yaitu semen, air, pasir dan kerikil dan SikaCim kedalam Concrete Mixer Machine
6. Mengaduk bahan bahan tersebut hingga menjadi adonan beton segar yang sempurna
7. Sementara menunggu adonan beton segar tercampur sempurna, kita buat adonan penyambung dengan mencampurkan SikaBond dan semen. Kemudian mengoleskan adonan bonding agent (SikaBond) yang telah dibuat pada permukaan beton balok lengkung yang telah disiram air sebelumnya.
8. Memasukkan adonan beton segar ke bekisting sambungan yang berada di tengah antara 2 beton lengkung.
9. Diamkan adonan beton segar tersebut mengeras.

## **3.4.8 Tahap pengujian**

1. Keluarkan beton sambungan tersebut dari air
2. Diamkan hingga mengering  $\pm$  24 jam
3. Siapkan Proving Ring dan Dial Ring untuk alat uji kuat tekan
4. Pasang beton sambungan tersebut di frame baja yang telah disediakan sebagai tumpuan

5. Setelah beton sambungan telah terhimpit frame baja, letakkan Proving Ring diatas beton sambungan posisi ditengah
6. Letakkan Hidraulik Pump diatas Proving Ring hingga menyentuh frame baja
7. Letakkan Dial Ring di bawah bagian tengah beton sambungan
8. Memastikan jarum Dial Ring dan proving ring berada di angka nol
9. Setelah semua telah siap, Hidraulik Pump di pompa dengan dongkrak hingga beton sambungan retak ( mencapai beban maksimum )
10. Catat hasil pengamatan jarum pada Dial ring dan Proving Ring

### **3.4.9 Analisis dan Pembahasan**

Analisa dan pembahasan dilakukan terhadap data-data hasil pengujian di labotarium. Setiap kejadian dalam penelitian ini harus diikuti pengamatan, semakin detail pengamatan akan semakin besar manfaat dari penelitian ini.

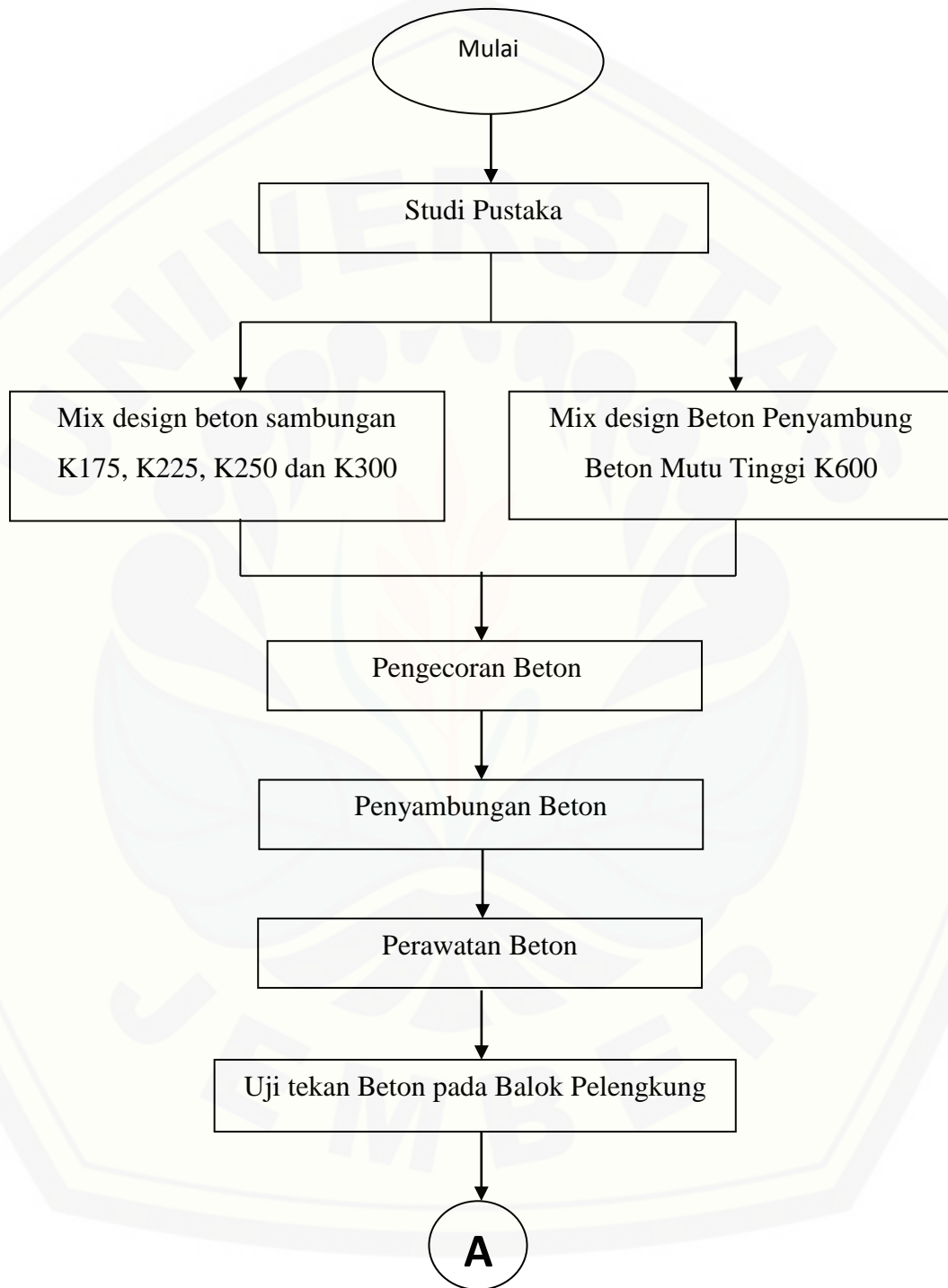
Dalam tahap penyelesaian yaitu tahap analitis dan pembahasan terhadap hasil-hasil pengujian di laboratorium. Adapun hasil yang dibahas sebagai berikut:

- a. Analisis Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder
- b. Analisis Gaya Dalam pada Beton Lengkung dengan menggunakan program komputer.
- c. Analisis Kapasitas Beton Lengkung Monolit Mutu K175, K225, K250, dan K300
- d. Analisis Kapasitas Beton Lengkung Sambungan Mutu K600
- e. Analisis Kontrol Keruntuhan Beton Lengkung Sambungan
- f. Analisis Pengaruh Luas Penampang Terhadap Beban Maksimum ( $P_{max}$ )

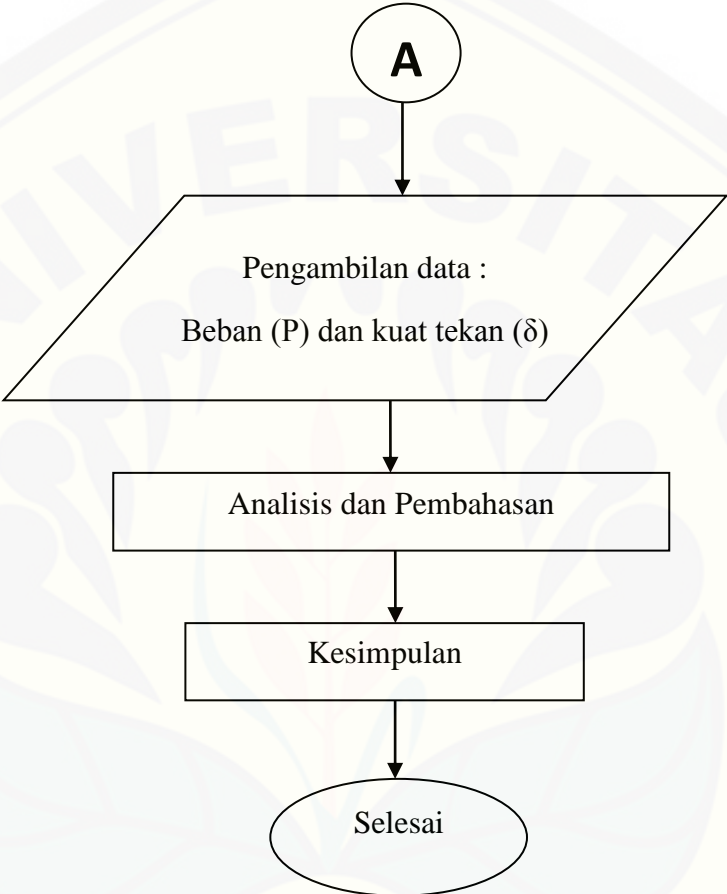
### **3.4.10 Kesimpulan**

Kesimpulan diambil dari hasil analisis dan pembahasan terhadap data-data yang diperoleh di laboratorium, sehingga mengetahui pengaruh sambungan beton lengkung terhadap beton lengkung monolit.

3.4.12 Diagram Alir







## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat pada penelitian ini berasal dari hasil pengujian. Pengolahan data ini dilakukan untuk menganalisa hasil pengujian yang telah dilakukan dan membuat kesimpulan dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan.

### 4.1 Hasil Uji Material

Sebelum melakukan penelitian ini langkah pertama yaitu menyiapkan material-material yang akan diuji kemudian data-data dari hasil pengujian tersebut yang nantinya akan diperlukan untuk membuat rancangan campuran beton. Data-data tersebut antara lain:

Tabel 4.1 Hasil Uji Material

Uji Material	Kerikil	Pasir	Semen
Berat Jenis (gram)	2,54	2,67	
Kelembaban (%)	0,33	1,61	
Air Resapan (%)	1,5	1,59	
Kebersihan (%)	1,07	0,27	
Berat Volume Tak Dirojok (kg/m <sup>2</sup> )	1438,19	1338,81	1163,42
Berat Volume Dirojok (kg/m <sup>2</sup> )	1599,03	147,95	1240,09

### 4.2 Perhitungan Mix Design

Tabel 4.2 Perhitungan Mix Design K 175

No	Uraian	Satuan	Nilai
1	Kuat Tekan Yang Disyaratkan	Kg/m <sup>3</sup>	175
2	A. Deviasi Standar		40
	B. Nilai Tambah		65,6

No	Uraian	Satuan	Nilai
	C. Kuat Tekan Rata-Rata	Kg/Cm <sup>2</sup>	240,6
3	Jenis Semen		PC 1
4	Jenis Agregat Kasar		Batu Pecah Pasir Alami
5	Faktor Air Semen Bebas	Silinder	0,635
6	Faktor Air Semen Maksimum		0,5
7	Slump	Cm	8 S/D 12
8	Ukuran Agregat Maksimum	Mm	10
9	Kadar Air Bebas	Liter	233,33
10	Kadar Semen	Kg	466,67
11	Kadar Semen Minimum	Kg	275
12	Kadar Semen Yang Dipakai	Kg	466,67
13	Faktor Air Semen Yang Disesuaikan		-
14	Susunan Besar Butir Agregat Halus		Zona 3
15	%Bahan Agregat Halus	Grafik 11	44%
16	Berat Jenis Relatif Agregat		2,60
17	Berat Jenis Beton	Grafik 13	2316,67
18	Kadar Agregat Gabungan		1616,67
19	Kadar Agregat Halus		711,33
20	Kadar Agregat Kasar		905,33

Tabel 4.3 Perhitungan Proporsi Volume K 175

Material	Keterangan	Teoritis	Koreksi	Aktual (Kg/M <sup>3</sup> )	Proporsi Berat	Volume (M <sup>3</sup> )	Proporsi Volume
			Kadar Air				
Air		233,33	-	243,70	0,52	0,24	0,65
Semen		466,67	-	466,67	1,00	0,38	1,00
Pasir	Air Berlebih	711,33	0,15	711,19	1,52	0,48	1,28
Kerikil	Kurang Air	905,33	10,51	915,84	1,96	0,57	1,52

Berdasarkan Tabel 4.2 dan 4.3 dapat diketahui tentang cara perhitungan rencana campuran beton yang mengacu pada SNI T-15-1990-03. Pada tabel diatas, diperoleh volume air ,semen, pasir dan kerikil yang dibutuhkan untuk membuat adukan per m<sup>3</sup> beton dengan mengalikan volume beton atau kubus.

#### 4.3 Hasil Uji Tekan Silinder

Tabel 4.4 Hasil Uji Tekan Silinder

Tipe	Kode	Berat (kg)	P maks (kN)	P maks rata2 (kN)	fc' (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisitas (kg/cm2)
K600	BU.1	12.99	1180	1260.00	71.34	39696.94
	BU.2	12.69	1380			
	BU.3	12.35	1220			
K300	BU.1	12.81	660	783.33	44.35	31300.05
	BU.2	12.80	930			
	BU.3	12.67	760			
K250	BU.1	12.56	620	716.67	40.58	29938.52
	BU.2	12.57	660			
	BU.3	12.62	870			
K225	BU.1	12.68	665	665	37.65	28839.16
	BU.2	12.66	668			
	BU.3	12.59	662			
K175	BU.1	12.55	710	818.33	46.33	31991.67
	BU.2	12.57	880			
	BU.3	12.55	865			



Gambar 4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder

#### 4.3.1 Kuat Tekan Rerata

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diketahui bahwa kuat rerata untuk K175 lebih besar dibandingkan dengan K225, K250 dan K300. Hal tersebut dikarenakan pada saat pengecoran, proporsi volume yang telah ditentukan tidak memenuhi nilai slump yang ingin dicapai yaitu  $10 \pm 2$  cm sehingga air ditambah dan membuat kuat tekan K225, K250 dan K300 terlampau rendah ketika diuji tekan.

#### 4.3.2 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas dihitung untuk menentukan nilai dari kapasitas nominal balok dan juga kapasitas ultimit (gaya dalam). Sehingga dapat ditentukan kapasitas balok lengkung tersebut dengan membandingkan kapasitas nominal balok dengan kapasitas ultimit (gaya dalam). Berikut uraian perhitungannya :

$$\text{Untuk } 71,34 \text{ MPa : } E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{71,34} = 39696,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk } 46,33 \text{ MPa : } E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{46,33} = 31991,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk } 44,35 \text{ MPa : } E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{44,35} = 31300,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk } 40,58 \text{ MPa : } E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{40,58} = 29938,52 \text{ kg/cm}^2$$

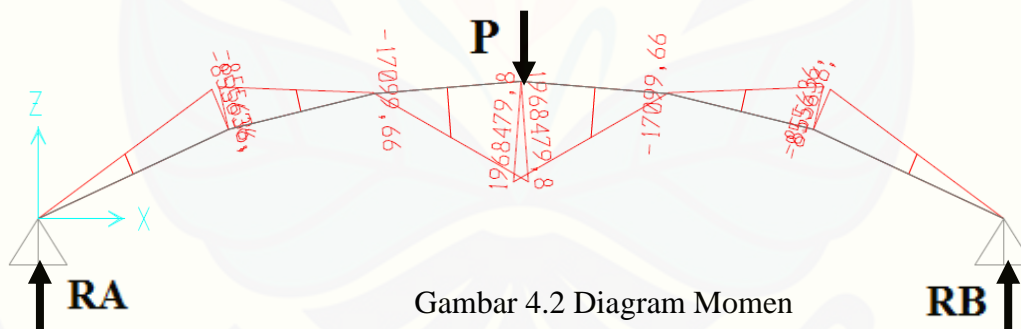
$$\text{Untuk } 37,65 \text{ MPa : } E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{37,65} = 28839,16 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.4 Gaya dalam

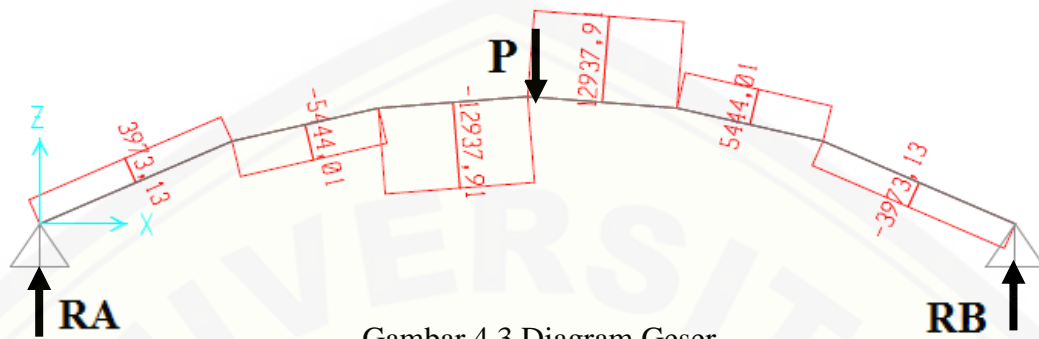
Gaya dalam terjadi karena adanya beban luar yang bekerja terhadap balok beton. Pada beton lengkung tumpuan 2 sendi ini, perhitungan gaya dalamnya menggunakan program komputer. Berikut hasil perhitungannya :

Tabel 4.5 Gaya Dalam Beton Lengkung

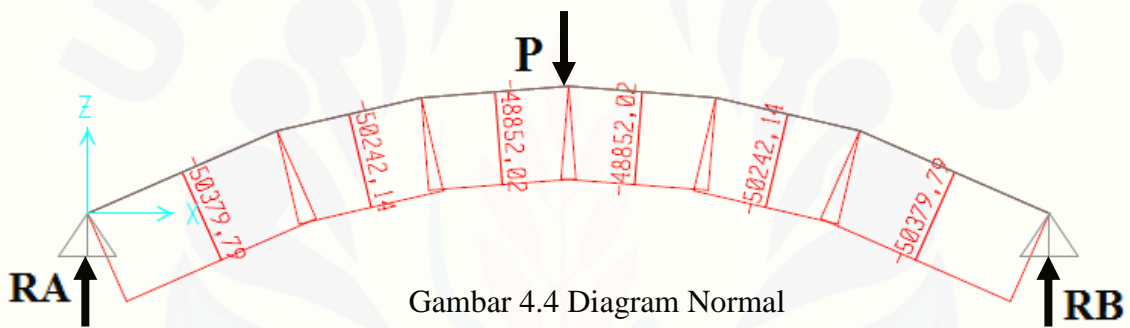
X	Axial (N)	Shear (N)	Momen (Nmm)
1	-50.379,80	3.973,13	0,00
2	-50.242,11	-5444,01	-855.635,87
3	-48.852,00	-12937,9	-17.099,60
4	-48.852,00	0	1968479,77
5	-48.852,00	12937,91	-17.099,60
6	-50.242,11	5444,007	-855.635,87
7	-50.379,80	-3.973,13	0,00



Gambar 4.2 Diagram Momen



Gambar 4.3 Diagram Geser



Gambar 4.4 Diagram Normal

#### 4.4.1 Kapasitas Balok

Kapasitas balok merupakan kemampuan yang dimiliki suatu balok beton untuk menahan gaya dalam akibat beban luar hingga mencapai kondisi fraktur (retak). Kapasitas balok ini terdiri dari kapasitas lentur, geser, dan normal yang mengacu pada peraturan SNI 2847 : 2013 tentang “Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.”

Tabel 4.6 Kapasitas Balok

Kuat tekan rerata Fcr (MPa)	Lentur Flt (MPa)	Geser Vc (N)	Axial Nn (N)
37.65	4.295194	7510.453	271082.8
40.58	4.458929	7796.756	292144.4
44.35	4.66171	8151.333	319320.6
46.33	4.764717	8331.447	333588.1
71.34	5.91231	10338.1	513630.6

Pembahasan :

Untuk 46,33 MPa

$$Flt = 0,7\sqrt{Fc'} = 0,7\sqrt{46,33} = 4,764717 \text{ MPa}$$

$$Vc = \frac{1}{6}\sqrt{Fc'} \times b \times h = \frac{1}{6}\sqrt{46,33} \times 60 \times 120 = 8331,447 \text{ N}$$

$$Nn = Fc' \times b \times h = 46,33 \times 60 \times 120 = 333588,1 \text{ N}$$

#### 4.4.2 Kontrol Keruntuhan Balok

Dengan mengetahui nilai dari gaya dalam beton dan kapasitas balok beton, dapat diketahui keruntuhan yang terjadi pada balok beton tersebut. Keruntuhan balok beton sendiri merupakan kondisi dimana kapasitas balok beton memiliki nilai lebih kecil dibandingkan gaya dalam betonnya. Keruntuhan balok ini ditandai dengan adanya retakan pada beton ketika diuji. Berikut kontrol keruntuhannya :



Tabel 4.7 Kontrol Keruntuhan Lentur

Fc (Mpa)	Mn (MPa)	Flt (Mpa)	Mn < Flt
71,34	6,8849	5,91	Tidak Oke

Tabel 4.8 Kontrol Keruntuhan Geser

Fc (Mpa)	D (N)	Vc (N)	D < Vc
71,34	12937,91	10338,10	Tidak Oke

Tabel 4.9 Kontrol Keruntuhan Normal

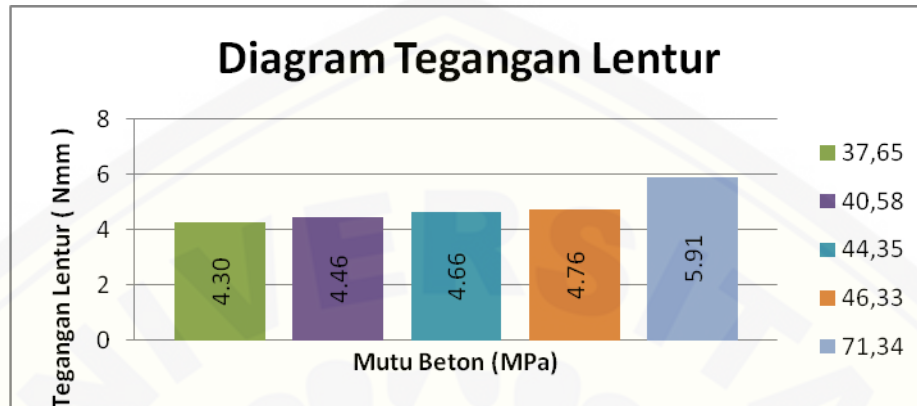
Fc (Mpa)	N (N)	Nn (N)	N < Nn
71,34	4.852,00	513630,57	oke

Berdasarkan tabel 4.7; 4.8; 4.9 dapat diketahui bahwa beton lengkung mengalami keruntuhan lentur dan geser di tengah bentang dengan cek Tidak Ok pada tabel diatas. Hal tersebut sesuai dengan pengujian di lapangan dimana keretakan terjadi ditengah bentang beton lengkung yang merupakan daerah dengan momen terbesar. Keretakan dapat dilihat pada gambar 4.5.

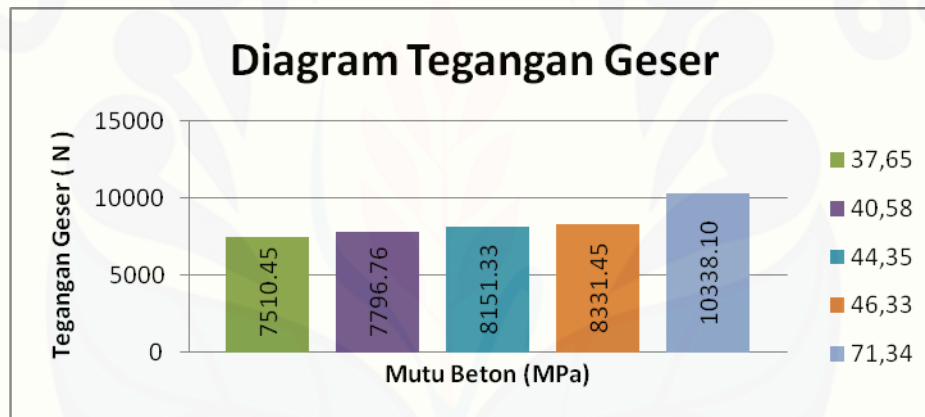


Gambar 4.5 Keruntuhan Beton Lengkung Sambungan

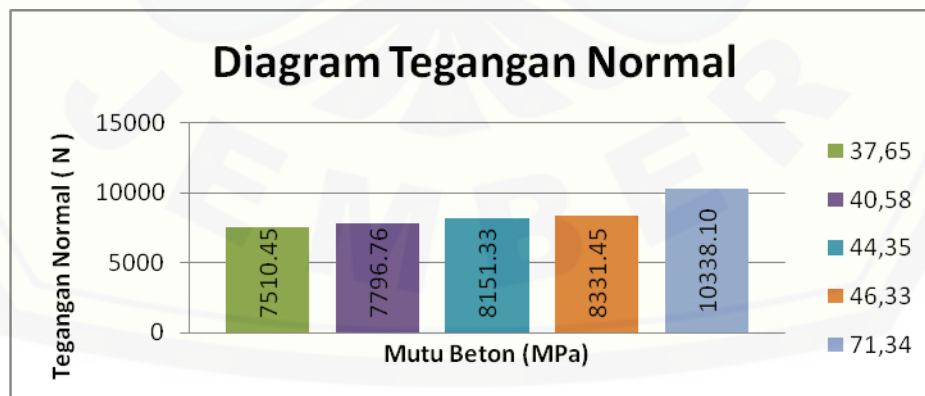
4.4.3 Perbandingan Kapasitas Balok Lengkung Monolit dan Sambungan



Gambar 4.6 Diagram Tegangan Lentur



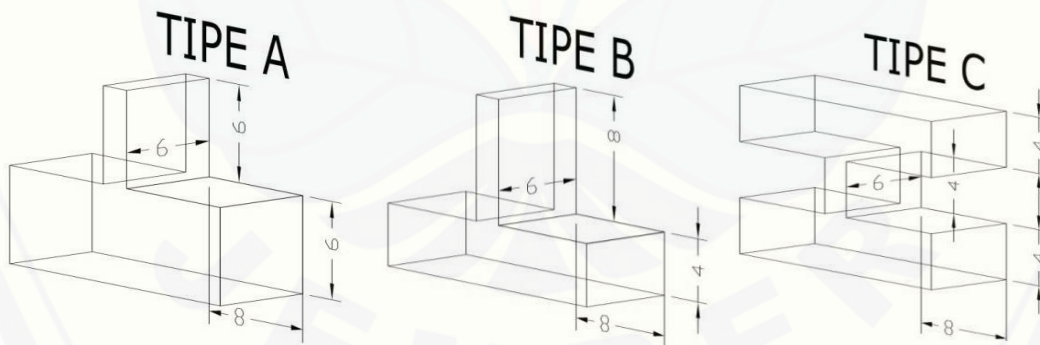
Gambar 4.7 Diagram Tegangan Geser



Gambar 4.8 Diagram Tegangan Normal

Berdasarkan grafik diatas, terdapat nilai dari Tegangan Lentur, Tegangan Geser dan Tegangan Normal yang titik acuannya berada ditengah bentang. Untuk 37,65 MPa, 40,58 MPa, 44,35 MPa dan 46,33 MPa merupakan beton lengkung monolit sedangkan untuk 71,34 MPa merupakan beton lengkung dengan sambungan. Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa nilai Tegangan Lentur, Geser dan Normal untuk beton lengkung sambungan (71,34 MPa) lebih tinggi dibandingkan dengan beton lengkung monolit (37,65 MPa, 40,58 MPa, 44,35 MPa dan 46,33 MPa). Namun pada kenyataan dilapangan, beton lengkung sambungan runtuh terlebih dahulu ketika diberi beban yang lebih kecil dari beton lengkung monolit. Hal itu dikarenakan adanya sambungan pada beton lengkung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya sambungan, beton lengkung memiliki pengaruh berlawanan dengan kekuatan beton lengkung monolit, terbukti dengan keruntuhan 71,34 MPa yang lebih dulu dibandingkan 37,65 MPa, 40,58 MPa, 44,35 MPa dan 46,33 Mpa.

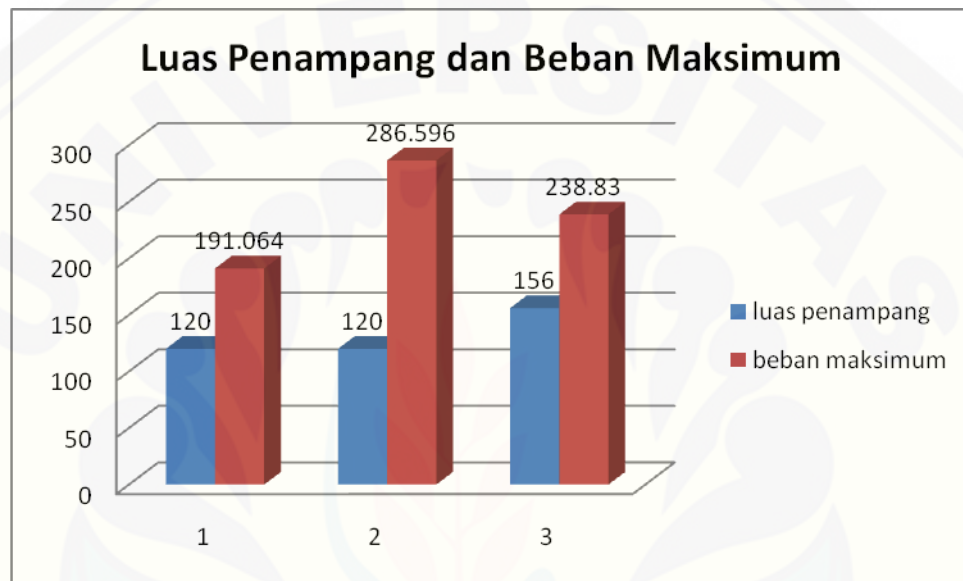
#### 4.4.4 Analisis Luas Penampang Sambungan Terhadap Beban Maksimum (P Max)



Gambar 4.9 Luas penampang sambungan

Tabel 4.10 Perbandingan Luas penampang dan P max

Tipe sambungan	Luas penampang	P max
tipe A	120	191,064
tipe B	120	286,596
tipe C	156	238,83



Gambar 4.9 Diagram Hubungan antara Beban Maksimum dan Luas Penampang Sambungan

Berdasarkan Gambar 4.9, dapat diketahui bahwa luas penampang pada Tipe B paling kecil yaitu  $120 \text{ cm}^2$  dan memiliki beban yang diberikan paling besar atau P max yaitu 286,596 kg. Hal tersebut tidak sesuai dengan persamaan kuat tekan yaitu beban berbanding lurus dengan luas penampang sehingga dapat disimpulkan bahwa Luas penampang pada pengujian ini memiliki pengaruh berlawanan terhadap beban maksimum yang diberikan.

## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan analisa didapatkan bahwa :

1. Sambungan basah pada beton lengkung memiliki pengaruh yang berlawanan dengan kekuatan beton lengkung monolit (tanpa sambungan).
2. Luas penampang memiliki pengaruh berlawanan terhadap beban maksimum yang diberikan

### **5.2 Saran**

1. Perlu penambahan tulangan pada sambungan meskipun sudah menggunakan beton mutu tinggi.
2. Penempatan sambungan sebaiknya diletakkan dibagian geser maksimum atau di bagian tumpuan balok.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aprizon, Andi dan Pramudiyanto. 2008. *High Strength Concrete*.  
(<http://pramudiyanto.wordpress.cpm/2008/08/06/beton-mutu-tinggi/>)
- Gerung, Lerry M.N. 2012. *Uji Tarik Beton Mutu Tinggi*. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 2, No. 4, November : 267-278
- Khakim, Zainul, dkk. 2011. *Studi Pemilihan Pengerjaan Beton Antara Pracetak Dan Konvensional Pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Dengan Metode AHP*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 5, Nomor 2 : 103-104
- Noorhidana, Vera A. 2009. *Analisis Eksperimental Pengaruh Penempatan Sambungan Basah(Wet Joint) Terhadap Beban Ultimit Balok Beton Bertulang*. Jurnal Rekayasa, Volume 13, Nomor 1, April. 99-108
- Pujianto, As'at. 2010. *Beton Mutu Tinggi Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Volume 14, Nomor 2, November : 177-185
- Riyanto, Hery. 2010. *Perilaku Statis Struktur Beton Pracetak Dengan Sistem Sambungan Basah*. Jurnal Teknik Sipil UBL, Volume 1, Nomor 1, Oktober : 6-10
- Sianturi, Novdin M. 2012. *Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak Pada Pembangunan Gedung* Jurnal Rancang Sipil, Volume 1, Nomor 1, Desember : 10
- SK SNI 03-2847-2002. *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. Departemen Pekerjaan Umum
- Wikana, Iwan dan Yohanes Widayat. 2007. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Lapisan Mutu Beton Yang Berbeda*. Majalah ilmiah UKRIM. Edisi 2. Desember : 2-19