

TUGAS AKHIR
STUDI PEMILIHAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
ANTARA BAJA KOMPOSIT DENGAN
BETON PRATEGANG PRACETAK

(STUDI KASUS PADA JEMBATAN BANMATI SUNGAI BENGAWAN SOLO)



Disusun Oleh :

DIANA FITRI DAHLI

No Mhs : 92 310081

Nirm : 920051013114120081

DYAH ARINTHA DEWI

No Mhs : 92 310 166

Nirm : 920051013114120166

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

HALAMAN PENGESAHAN

**TUGAS AKHIR
STUDI PEMILIHAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
ANTARA BAJA KOMPOSIT
DENGAN BETON PRATEGANG PRACETAK**

(STUDY KASUS PADA JEMBATAN BANMATI SUNGAI BENGAWAN SOLO)

Nama : Diana Fitri Dahli
No. Mhs : 92 310 081
Nirm : 920051013114120081

Nama : Dyah Arintha Dewi
No. Mhs : 92 310 166
Nirm : 920051013114120166

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Bambang Sulistiono, MSCE.
Dosen Pembimbing I

Ir. H. Tadjuddin BMA., MS.
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 22-02-1999

Tanggal : 22-2-99



Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.....

(Al Baqarah : 286)

Untuk mama dan papa tersayang, terima kasih atas omelannya

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “Studi Pemilihan Struktur Atas Jembatan Antara Baja Komposit Dengan Beton Prategang Pracetak, Studi Kasus Pada Sungai Banmati Bengawan Solo” dapat diselesaikan. Penyusunan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat menyelesaikan S1 pada Sub Program Manajemen Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Perlu disadari adanya kekurangan-kekurangan pada penulisan Tugas Akhir ini, karena terbatasnya kemampuan penyusun, baik berupa kemampuan ilmu dan wawasan serta kemampuan menuangkan ide kedalam bentuk tulisan, sehingga tulisan ini masih jauh dari sempurna.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir banyak didapat bantuan dari berbagai pihak. Atas bantuan tersebut diucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE. PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I, atas ulasan dan penjelasan yang sangat besar maknanya.
 3. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
 4. Bapak Ir. Puryanto, dari PU Binamarga Semarang, selaku Kepala Proyek Pembangunan Jembatan Banmati Sungai Bengawan Solo.
 5. Bapak Ir. Pratiknyo, selaku Wakil Kepala Proyek Pembangunan Jembatan Banmati.
 6. Bapak Ir. Purnomo, Kepala Bagian Teknisi PT. Wijaya Karya Boyolali.
 7. Bapak Ir. Heri, selaku Karyawan PT. Wijaya Karya Boyolali.
 8. Bapak dan ibu serta kakak-kakak juga adik-adik yang telah memberi kasih sayang, do'a, moril dan materil.
 9. Rekan-rekan serta semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
- Akhirnya, semoga tulisan ini dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
 BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	4
 BAB 2. LANDASAN TEORI	
2.1 Jembatan.....	5
2.1.1 Definisi Jembatan.....	5
2.1.2 Bagian-bagian Jembatan.....	6
2.1.2.1 Bangunan Atas Jembatan.....	6
2.1.2.2 Bangunan Bawah Jembatan.....	7
2.1.3 Klasifikasi dan Tipe Jembatan.....	8
2.1.3.1 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Kegunaannya.....	8
2.1.3.2 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Materialnya.....	9
2.1.3.3 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Waktu Pemakaian.....	13
2.1.3.4 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Perletakannya.....	13

2.1.3.5 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Fungsi dan Perlintasannya.....	14
2.1.3.6 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Bentuk dan Strukturnya.....	15
2.2 Rencana Anggaran Biaya.....	17
2.2.1 Analisis Biaya Bangunan.....	17
2.2.2 Anggaran Biaya Pasti.....	18
2.3 Investasi.....	19
2.3.1 Alternatif Investasi.....	19
2.3.2 Horizon Perencanaan.....	20
2.3.3 Aliran Investasi.....	21
2.3.4 MAAR.....	21
2.3.5 Perbandingan Alternatif Investasi.....	21
2.3.6 Alternatif Terbaik.....	24
2.4 Analisis Pengambilan Keputusan Dengan Metode PHA.....	24
2.4.1 Konsistensi Data.....	27

BAB 3. TINJAUAN ALTERNATIF JEMBATAN

3.1 Umum.....	29
3.2 Beton Prategang Pracetak.....	29
3.2.1 Bahan Bangunan Pracetak.....	30
3.2.1.1 Baja.....	30
3.2.1.2 Beton.....	31
3.2.2 Elemen-elemen Struktur Beton Pracetak.....	32
3.2.2.1 Gelagar/Balok Jembatan.....	32
3.2.2.2 Diafragma.....	33
3.2.2.3 Plat Deck.....	34
3.2.2.4 Tendon.....	34
3.2.2.5 Angkur.....	35
3.2.2.6 Ducting.....	35
3.2.2.7 Kebutuhan Elemen Pracetak.....	36
3.2.3 Metode Pelaksanaan Di Lapangan.....	37
3.2.3.1 Persiapan.....	37

3.2.3.2 Pekerjaan Stressing.....	38
3.2.3.3 Pekerjaan Grouting.....	39
3.2.3.4 Pekerjaan Erection.....	40
3.3 Baja Komposit.....	43
3.3.1 Komponen Struktur Baja Komposit.....	44
3.3.1.1 Gelagar Jembatan.....	44
3.3.1.2 Diafragma.....	45
3.3.1.3 Pelat Sambungan.....	45
3.3.1.4 Alat Sambung Geser.....	46
3.3.2 Metode Pelaksanaan Di Lapangan.....	47

BAB 4. ANALISIS DATA

4.1 Perhitungan Anggaran Biaya Satuan.....	51
4.2 Jembatan Beton Prategang Pracetak.....	52
4.2.1 Pabrikasi dan Pemasangan Gelagar Jembatan.....	52
4.2.2 Pabrikasi dan Pemasangan Diafragma Jembatan.....	54
4.2.3 Pabrikasi dan Pemasangan Plat Lantai Jembatan.....	57
4.2.4 Harga Total Jembatan.....	61
4.3 Jembatan Baja Komposit.....	62
4.3.1 Pabrikasi dan Pemasangan Girder Baja.....	62
4.3.2 Pekerjaan Beton K-350.....	63
4.3.3 Pekerjaan Baja Tulangan U-24 Polos.....	65
4.3.4 Harga Total jembatan.....	66
4.4 Biaya Perawatan dan Pemeliharaan.....	66
4.4.1 Jembatan Baja Komposit.....	66
4.4.2 Jembatan Beton Prategang Pracetak.....	67
4.4.3 Rekapitulasi Biaya Perawatan dan Pemeliharaan.....	69
4.5 Biaya Disposisi.....	70
4.5.1 Baja Komposit.....	70
4.5.2 Beton Prategang Pracetak.....	71
4.6 Nilai Sisa.....	71

BAB 5. PEMBAHASAN

5.1 Horizon perencanaan.....	73
5.2 Estimasi Aliran Investasi.....	74
5.3 MARR.....	75
5.4 Komparasi Alternatif Investasi Jembatan.....	75
5.4.1 Baja Komposit.....	76
5.4.1.1 Investasi Awal.....	76
5.4.1.2 Biaya Operasional dan Perawatan.....	77
5.4.1.3 Biaya Disposisi.....	77
5.4.1.4 Nilai Sisa.....	78
5.4.2 Beton Prategang Pracetak.....	79
5.4.2.1 Investasi Awal.....	79
5.4.2.2 Biaya Operasional dan Perawatan.....	80
5.4.2.3 Biaya Disposisi.....	80
5.4.3 Investasi Total Alternatif Jembatan.....	81
5.5 Nilai Efisiensi Ditinjau dari Segi Waktu.....	82
5.5.1 Waktu Pelaksanaan Baja Komposit.....	82
5.5.2 Waktu Pelaksanaan Beton Pategang Pracetak.....	86
5.5.3 Efisiensi Waktu.....	89
5.6 Pemilihan Alternatif Dengan Metode Hirarki (PHA).....	89
5.6.1 Diagram Struktur Hirarki.....	90
5.6.2 Penilaian Konsistensi.....	91
5.6.3 Perbandingan Alternatif.....	93

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	95
6.2 Saran.....	96

DAFTAR PUSTAKA.....	98
----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skala Penilaian Berpasangan	26
Tabel 2.2	Random Value	28
Tabel 3.1	Kebutuhan Komponen Beton Prategang Pracetak	37
Tabel 4.1	Daftar Perhitungan Harga Satuan Gelagar Prategang Pracetak	53
Tabel 4.2	Daftar Perhitungan Harga Satuan Diafragma Tepi	56
Tabel 4.3	Daftar Perhitungan Harga Satuan Diafragma Tengah	56
Tabel 4.4	Daftar Perhitungan Harga Satuan Plat Deck	58
Tabel 4.5	Daftar Perhitungan Harga Lantai Cast in Place per m ²	60
Tabel 4.6	Daftar Perhitungan Harga Tulangan Baja U-24	61
Tabel 4.7	Harga Total Jembatan	61
Tabel 4.8	Pekerjaan Pemasangan Girder Baja	63
Tabel 4.9	Pekerjaan Beton K-350	64
Tabel 4.10	Pekerjaan Baja Tulangan U-24 Polos	65
Tabel 4.11	Harga Total Jembatan	66
Tabel 4.12	Biaya Perawatan dan Pemeliharaan Jembatan	69
Tabel 5.1	Aliran Investasi Awal Baja Komposit	77
Tabel 5.2	Investasi Operasional dan Perawatan Baja Komposit	77
Tabel 5.3	Biaya Disposisi Baja Komposit	78
Tabel 5.4	Nilai Sisa Struktur Baja Komposit	78
Tabel 5.5	Aliran Investasi Awal Beton Prategang Pracetak	79
Tabel 5.6	Aliran Investasi Operasional dan Perawatan	80
Tabel 5.7	Biaya Disposisi Beton Pracetak	81
Tabel 5.8.	Investasi Total	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Struktur Perencanaan Biaya	18
Gambar 2.2	Urutan Pemilihan Alternatif Berdasarkan Faktor Ekonominya	19
Gambar 2.3	Bagan Langkah Penyusunan PHA	25
Gambar 3.1	Gelagar Pracetak Segmental	32
Gambar 3.2	Balok Jembatan	33
Gambar 3.3	Diafragma	33
Gambar 3.4	Denah Plat Deck	34
Gambar 3.5	Plat Deck	34
Gambar 3.6	Struktur Jembatan Pracetak	36
Gambar 3.7.a	Pemasangan Launching Truss	41
Gambar 3.7.b	Pengangkatan Gelagar ke Atas Truss	41
Gambar 3.7.c	Penarikan Gelagar ke Atas Bentang	42
Gambar 3.7.d	Meletakkan Gelagar Di Atas Perletakan	42
Gambar 3.8	Gelagar Jembatan Komposit	45
Gambar 3.9	Diafragma Baja Komposit	45
Gambar 3.10	Alat Sambung Geser	46
Gambar 3.11	Struktur Atas Jembatan Baja Komposit	47
Gambar 3.12.a	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	47
Gambar 3.12.b	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	48
Gambar 3.12.c	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	48
Gambar 3.12.d	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	49
Gambar 3.12.e	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	49
Gambar 3.12.f	Urutan Pemasangan Jembatan Baja Komposit	50
Gambar 4.1	Bagan Alir Rencana Anggaran Biaya	51
Gambar 5.1	Horizon Perencanaan Struktur Atas Baja komposit	73
Gambar 5.2	Horizon Perencanaan Struktur Atas Beton Prategang Pracetak	73
Gambar 5.3	Aliran Investasi Jembatan Baja Komposit	74
Gambar 5.4	Aliran Investasi Jembatan Beton Prategang Pracetak	74

Gambar 5.5	Aliran Investasi Total Baja Komposit	76
Gambar 5.6	Aliran Investasi Total Beton Prategang Pracetak	79
Gambar 5.7	Rencana Waktu Pelaksanaan Baja Komposit	84
Gambar 5.8	Rencana Waktu Pelaksanaan Beton Prategang Pracetak	87
Gambar 5.9	Diagram Struktur Hirarki	90
Gambar 5.10	Perbandingan Kedua Alternatif	93
Gambar 5.11	Nilai Masing-masing Alternatif dari Setiap Kriteria	94
Gambar 5.12	Faktor Prioritas Setiap Alternatif	94



DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar Rencana Penggantian Jembatan Baja Komposit Banmati Sungai Bengawan Solo.
2. Analisis Harga Asli Proyek Jembatan Baja Komposit Banmati Sungai Bengawan Solo.
3. Daftar Komponen Jembatan Gelagar Baja Komposit dari PT Bukaka teknik Utama.
4. Daftar Harga Bahan Bangunan September 1998.
5. Daftar Dimensi Beton Pracetak Produksi PT. Wijaya Karya Boyolali.



INTISARI

Pada awal perencanaan struktur bangunan, penting bagi perencana untuk membuat perbandingan alternatif dalam memilih struktur yang akan diterapkan di lapangan. Berbagai faktor harus dipertimbangkan dan dianalisis sehingga didapat sebuah alternatif yang efisien dan menguntungkan. Proyek pembangunan struktur atas Jembatan Banmati Sungai Bengawan Solo menggunakan baja komposit dengan biaya awal proyek Rp.996.066.364,-, biaya operasional dan perawatan proyek Rp. 2.000.000,- pertahun selama masa fungsi jembatan 35 tahun, biaya disposisi Rp 18.076.500,- dan nilai sisa Rp. 19.680.000,-. Struktur tersebut dikomparasikan dengan sistem beton prategang pracetak dari PT. Wijaya Karya Boyolali. Dari hasil analisis didapat biaya awal Rp. 878. 722.501,-, biaya perawatan sebesar Rp 3.000.000,- dikeluarkan 5 tahun sekali selama masa fungsi 50 tahun dan biaya disposisi Rp. 21.000.000,-. Kedua data biaya tersebut kemudian dianalisis secara ekonomi teknik untuk mengetahui investasi mana yang paling ekonomis. Sebagai pelengkap, digunakan metode pengambilan keputusan dengan Proses Hirarki Analitis, mempertimbangkan empat kriteria. Keempat kriteria tersebut adalah biaya total proyek, umur rencana struktur, waktu pelaksanaan dan metode pelaksanaan. Nilai konsistensi yang didapat untuk setiap kriteria adalah investasi 42,9 %, waktu pelaksanaan 21,4 %, umur rencana 21,4 % dan metode pelaksanaan 14,3 %. Besar nilai vektor prioritas menyeluruh dari perhitungan adalah beton pretegang pracetak 57,15 % dan baja komposit 42,87 %. Hasil akhir disimpulkan dari semua data yang telah diolah, bahwa ternyata struktur atas jembatan beton prategang pracetak lebih baik, murah dan ekonomis ditinjau dari segi teknis pelaksanaan dan ekonomi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada pasca abad 20, dikenal sebagai era globalisasi, besar pengaruh dari luar negeri, terutama perkembangan dibidang ilmu dan teknologi. Saat ini Indonesia dalam tahap berkembang berusaha mengejar ketinggalan sehingga pembangunan disegala bidang harus dilakukan. Peningkatan sarana dan prasarana adalah hal yang mendukung pembangunan tersebut.

Pembangunan di Indonesia tak lepas dari peningkatan transportasi baik darat dan udara. Tetapi dalam praktiknya ada hambatan yang mengurangi kelancaran pembangunan. Pada transportasi darat misalnya, terdapat hambatan seperti jurang, sungai, jalan kereta api, dan lain-lain, sehingga dibutuhkan konstruksi yang menghubungkan ruas jalan yang terpisah rintangan tersebut, yaitu jembatan. Peningkatan kesejahteraan penduduk, perekonomian dan penambahan arus penumpang dan barang, diikuti pula oleh meningkatnya sarana angkutan sehingga menyebabkan jembatan yang sudah ada tidak lagi memadai untuk melayani arus lalu lintas saat ini.

Resesi ekonomi yang melanda Asia pada umumnya dan Indonesia pada khususnya menyebabkan macetnya roda pembangunan fisik di Indonesia. Oleh karena itu perlu dicari alternatif yang lebih baik untuk tetap mempertahankan pembangunan.

Kemajuan teknologi dibidang Teknik Sipil meningkat sesuai tuntutan jaman, menyebabkan para rekayasawan terus tertantang untuk bisa menggunakan metode paling efektif dan efisien. Salah satunya dengan mengganti secara maksimal pekerjaan yang dilakukan di lapangan dengan metode yang dapat dilakukan di pabrik. Untuk menjawab tuntutan tersebut harus dibuat konstruksi alternatif yang efisien, berkualitas dan cepat pelaksanaannya, sehingga menjadi konstruksi yang ekonomis secara keseluruhan. Konstruksi alternatif yang dipilih adalah beton prategang pracetak, yaitu beton prategang dicetak di pabrik dengan bentuk khusus sesuai keadaan lapangan.

1.2 Perumusan Masalah

Saat ini telah dikembangkan perpaduan antara struktur baja dan konstruksi beton dengan istilah komposit, yaitu struktur beton dan baja bersama-sama mendukung beban diatasnya. Struktur komposit mempunyai kelebihan pada kekuatan dan kemudahan pelaksanaan, namun mempunyai kekurangan pada pemeliharaan jembatan setiap tahun yang memerlukan biaya tidak sedikit dan pada umur struktur yang relatif pendek.

Masalah tersebut menimbulkan pertanyaan, apakah ada struktur atas yang lebih ekonomis dan berumur lebih panjang dari baja komposit. Untuk mencari struktur pembanding, dilakukan analisis ide kreatif dengan hasil beton prategang pracetak sebagai struktur pilihan.

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan adalah menganalisis efisiensi biaya dan investasi, umur rencana struktur, waktu serta metode pelaksanaan di lapangan antara gelagar baja komposit dengan beton prategang pracetak pada proyek jembatan Banmati.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penulisan tugas akhir adalah:

1. Proyek yang ditinjau adalah jembatan Banmati dengan kriteria jembatan kelas II, lebar 7 m dan panjang 120 m terdiri dari empat bentang.
2. Anggaran biaya berdasarkan standar harga bahan bangunan dan tenaga kerja bulan September 1998 di wilayah Yogyakarta, dengan tingkat bunga 17% dan inflasi 3%.
3. Perbandingan yang dianalisis adalah bangunan struktur atas jembatan, tidak termasuk pekerjaan struktur bawah dan *finishing*.
4. Analisis desain bangunan tidak diperhitungkan atau ditinjau secara detail.
5. Standar pracetak yang digunakan adalah standar resmi pracetak dari PT Wijaya Karya Boyolali Jawa Tengah.

1.5 Urutan Penelitian

Langkah-langkah penelitian dan penulisan diurutkan sebagai berikut:

1. Pengambilan data, meliputi :
 - a) Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan judul.
 - b) Analisa dokumen kearsipan proyek.

- c) Mempelajari data di lapangan yang akan dikomparasikan.
2. Wawancara dan survai lapangan di lokasi yang ditinjau.
3. Pengolahan data.
4. Membandingkan hasil pengolahan data.
5. Analisis pengambilan keputusan alternatif investasi.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jembatan

2.1.1 Definisi Jembatan

Banyak ahli yang menjabarkan definisi jembatan, antara lain:

1. Menurut Ir.H.J.Struyk dan Prof.Ir.K.H.C.W.Van Der Veen, jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah.
2. Menurut Ir. Iman Subarkah, jembatan ialah bangunan yang memungkinkan jalan menyilang aluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang permukaannya tidak sama tinggi dan lalu lintas itu tidak terputus karenanya.
3. Menurut Dr. Ir. Purnomo Soekirno, jembatan adalah bangunan yang dibangun untuk menampung lalu lintas melintasi sungai, kanal, jurang, jalan raya, jalan kereta api dan lainnya.

Disimpulkan bahwa jembatan adalah bangunan yang berfungsi menampung atau meneruskan lalu lintas yang menghubungkan antara dua ruas jalan melintasi rintangan berupa sungai, jurang, danau, jalan raya, dan lainnya.

2.1.2 Bagian-Bagian Jembatan

2.1.2.1 Bangunan Bagian Atas Jembatan (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan adalah bangunan bagian atas jembatan, berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke bangunan bawah. Bangunan ini terdiri dari:

1. Lantai jembatan

Merupakan struktur yang akan berhubungan langsung dengan beban lalu lintas. Lantai jembatan dapat berupa:

- | | |
|----------------------|--------------------|
| a) Lantai papan kayu | c) Lantai komposit |
| b) Lantai pelat baja | d) Lantai beton |

2. Pemikul jembatan (balok jembatan)

Merupakan struktur utama yang memikul beban lalu lintas antara landasan-landasan jembatan, jenisnya berupa:

- a) Sistem balok/gelagar jembatan
- b) Sistem rangka jembatan
- c) Sistem kabel jembatan

3. Perletakan jembatan

Perletakan terletak pada ujung bawah bangunan atas jembatan, berfungsi meneruskan beban ke bangunan bawah. Umumnya satu ujung adalah perletakan sendi dan yang lainnya adalah perletakan rol.

4. Trotoir dan kerb jembatan

Trotoir adalah lantai jembatan yang digunakan untuk pejalan kaki.

Kerb adalah struktur pemisah antara trotoir dengan lantai kendaraan.

5. Pelat injak

Merupakan pelat beton bertulang yang terletak dibawah jalan dibelakang abutment, berfungsi mencegah penurunan timbunan dan menyebarkan beban ke timbunan.

6. *Expansion joint*

Expansion joint adalah konstruksi bidang pertemuan antara bangunan atas dengan abutment atau pilar. Fungsi *expansion joint* adalah:

- a) menampung gerakan jembatan akibat perubahan temperatur, penyusutan elastis, perubahan bentuk perletakan dan penurunan tanpa menimbulkan tegangan pada sambungan atau pada bagian lain jembatan.
- b) memikul beban lalu lintas
- c) mencegah masuknya benda keras ke dalam celah sambungan

2.1.2.2 Bangunan Bagian Bawah Jembatan (*Sub structure*)

Bangunan bawah adalah bangunan yang terletak dibawah bangunan atas dan berhubungan langsung dengan tanah. Bangunan bawah berfungsi untuk meneruskan beban dari bangunan atas dan bangunan bawah sendiri ke tanah yang mampu mendukungnya. Bangunan bawah terdiri dari:

1. Pondasi

Pondasi jembatan adalah struktur yang meneruskan beban dari abutment atau pilar ke tanah keras. Fungsi pondasi pada jembatan:

- a) meneruskan beban ke lapisan tanah yang mampu memikulnya
- b) mencegah abutment dan pilar dari bahaya miring dan guling

- c) mendukung kestabilan dasar sungai, mencegah turunnya pilar
- d) menetapkan tinggi dasar pelaksanaan bangunan bawah jembatan
- e) mencegah penurunan struktur dan meratakan beban

2. Kepala tiang (*pile cap*)

Pile cap merupakan struktur pengikat tiang pondasi menjadi kesatuan dan penghubung antara pondasi tiang dengan bangunan di atasnya (*abutment* atau pilar pada jembatan dan kolom atau dinding pada bangunan bertingkat). Berfungsi menyebarkan beban ke pondasi.

3. Pangkal jembatan (*abutment*)

Pangkal jembatan adalah bangunan pada ujung jembatan, berfungsi untuk mendukung salah satu ujung bangunan atas jembatan sekaligus berfungsi sebagai dinding penahan tanah untuk menahan gaya lateral.

4. Pilar jembatan (*pier*)

Pilar adalah bangunan yang terletak diantara dua *abutment* yang berfungsi untuk mendukung jembatan dan meneruskan beban ke pondasi. Pada suatu jembatan bisa tidak terdapat pilar karena bentang jembatan cukup mampu didukung dua *abutment* saja.

2.1.3 Klasifikasi dan Tipe Jembatan

2.1.3.1 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Kegunaannya

1. Jembatan Jalan Raya

Adalah jembatan yang menghubungkan dua ruas jalan raya untuk melintasi suatu rintangan alam (sungai, jurang, selat, dan sebagainya).

2. Jembatan Kereta Api

Adalah jembatan yang menghubungkan dua ujung jalan kereta api, untuk melewati rintangan alam (sungai, jurang, jalan).

3. Jembatan Jalan Air

Adalah jembatan untuk jalan air yang melintasi sungai, jalan raya, dsb.

4. Jembatan Jalan Pipa

Adalah jembatan untuk jalan pipa untuk menyalurkan gas dan minyak.

5. Jembatan Militer

Adalah jembatan yang digunakan untuk keperluan militer.

6. Jembatan Penyeberangan

Adalah jembatan yang dibangun melintang di atas jalan raya yang lalu-lintasnya sangat ramai, sebagai penyeberangan orang.

2.1.3.2 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Bahan/Material

Penggunaan material untuk struktur atas jembatan berkaitan dengan ketersediaan material, panjang bentang, ketahanan, tenaga ahli, waktu dan dana, maka jembatan dapat dibagi menjadi:

1. Jembatan Bambu

Adalah jembatan yang terbuat dari bambu, diperuntukkan bagi lalu-lintas ringan dipedesaan.

2. Jembatan Kayu

Adalah jembatan yang terbuat dari kayu. Untuk jangka panjang jembatan ini punya banyak kelemahan karena pemeliharaan yang harus teliti dan mahal.

3. Jembatan Batu/bata

Adalah jembatan yang terbuat dari pasangan batu/bata. Umumnya berbentuk lengkung, bertujuan untuk memperkecil momen lentur akibat beban lalu-lintas dan berat sendiri.

4. Jembatan Baja

Adalah jembatan yang terbuat dari konstruksi baja, mempunyai sifat lebih ringan dan kekuatan yang tinggi. Berdasarkan strukturnya dapat dibagi menjadi :

a) Jembatan Gelagar Baja

Tipe jembatan gelagar bentuknya tergantung dengan profil baja yang digunakan, misalnya antara lain :

1) Jembatan Gelagar Australia

Jembatan ini merupakan standar dari Australia. Prinsip jembatan gelagar ini sama dengan jembatan lain, hanya menggunakan baja mutu yang lebih ringan dan dengan menggunakan perkuatan. Lantai jembatan biasanya terbuat dari beton.

2) Jembatan Gelagar Jepang

Merupakan jembatan gelagar standar Jepang. Gelagar baja diperkuat dengan plat baja dan lantainya dari beton.

b) Jembatan Rangka Baja

Pada jembatan ini gelagar memanjang digantikan fungsinya oleh konstruksi rangka yang dipasang pada tepi lebar jembatan, digunakan untuk jembatan yang mempunyai bentang cukup besar.

Jembatan rangka baja diklasifikasikan lagi sebagai berikut:

a. Berdasarkan Bentuk Struktur Rangkanya

- 1) Jembatan Rangka Baja Bentuk Segiempat
- 2) Jembatan Rangka Baja Bentuk Trapesium
- 3) Jembatan Rangka Baja Bentuk Parabola
- 4) Jembatan Rangka Baja Bentuk Setengah Parabola
- 5) Jembatan Rangka Baja Bentuk Busur
- 6) Jembatan Rangka Baja Bentuk Ikan

b. Berdasarkan Negara Asalnya

- 1) Jembatan Rangka Baja Belanda
- 2) Jembatan Rangka Baja Australia

Jembatan ini menggunakan profil baja mutu yang ringan. Bentang jembatan standar 30-60 meter.

- 3) Jembatan Rangka Baja Austria

Jembatan rangka baja berbentuk trapesium tanpa batang tegak dengan ikatan angin atas dan rantai lalu lintas bawah. Bentang jembatan 35 meter.

- 4) Jembatan Rangka Baja Callender - Hamilton

Jembatan dari Inggris. Mempunyai bentang 30 - 70 meter.

5. Jembatan Beton

Adalah jembatan dari konstruksi beton. Untuk jembatan bentang kecil dapat digunakan bentuk jembatan plat, sedang untuk bentang yang lebih besar

digunakan jembatan sistem gelagar/balok, rangka beton atau pelengkung beton. Jembatan beton terdiri dari:

a) Jembatan Beton Konvensional

- 1) Jembatan Dicor ditempat.
- 2) Jembatan Gelagar Pracetak dengan Plat Dicor ditempat.

b) Jembatan Beton Patekan

Untuk jembatan bentang besar penggunaan beton konvensional tidak ekonomis lagi, maka digunakan sistem jembatan beton patekan. Dilihat dari sistem pelaksanaannya dapat dibagi menjadi:

- 1) Jembatan Beton Patekan Dicor ditempat
- 2) Jembatan Gelagar Pracetak dengan Plat Dicor ditempat
- 3) Jembatan Cantilever Pracetak per segmen

6. Jembatan Komposit

Jembatan komposit adalah jembatan yang menggabungkan dua macam material yang berbeda dalam suatu konstruksi untuk bekerja bersama-sama.

Jenis jembatan komposit terdiri dari:

- a) Jembatan Komposit Baja - Beton
- b) Jembatan Komposit Baja - Kayu
- c) Jembatan Komposit Beton - Kayu
- d) Jembatan Komposit Beton Patekan - Beton Bertulang

2.1.3.3 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Waktu Pemakaian

Dari segi ketahanan dan tujuan pemakaian, maka jembatan dapat dibagi menjadi:

1. Jembatan Permanen

Jembatan permanen yaitu jembatan yang dibangun untuk digunakan dalam waktu lama. Jembatan ini dapat berupa jembatan batu, kayu, baja, beton, dsb.

2. Jembatan Sementara

Jembatan sementara yaitu jembatan yang digunakan untuk sementara atau untuk jembatan darurat. Biasanya dibangun dengan struktur baja atau kayu.

2.1.3.4 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Perletakannya

Perletakan berhubungan dengan gaya yang bekerja pada bangunan atas kemudian diteruskan ke bangunan bawah dan akan mempengaruhi perilaku bangunan atas, dapat dibagi menjadi:

1. Jembatan Sederhana (*Simple Bridge*)

Jembatan ini didukung di atas dua perletakan, yang satu didukung dengan perletakan tetap (sendi) sedang yang lain adalah perletakan roll.

2. Jembatan menerus (*Continuous Bridge*)

Adalah jembatan yang bangunan atasnya didukung menerus di atas beberapa perletakan. Beberapa keuntungan jembatan ini adalah :

- a. Momen yang timbul lebih kecil, sehingga mengurangi dimensi gelagar/balok.
- b. Daya dukung cadangan akan lebih besar.

3. Jembatan Kantilever (*Cantilever Bridge*)

Adalah jembatan yang menggunakan sistem cantilever untuk bangunan atasnya. Perbedaan sistem ini dengan sistem menerus terletak pada penggunaan sendi dalam sistem pemikul yang gunanya untuk memudahkan perhitungan perencanaan dan pelaksanaan.

2.1.3.5 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Fungsi dan Perlintasannya

Jembatan berdasarkan fungsi dan perlintasannya terbagi menjadi:

1. Jembatan Melintasi Sungai

Adalah jembatan yang dibangun di atas/melintasi sungai.

2. *Viaduct*

Adalah jembatan yang dibangun melintasi daratan.

3. *Aqueduct*

Adalah jembatan jalan air yang melintasi sungai atau jalan lain (kanal, sungai dan sebagainya).

4. Jembatan Penyeberangan

Adalah jembatan yang melintasi jalan raya untuk menyeberangkan pejalan.

5. Jembatan Layang

Jembatan yang dimaksudkan untuk mengatasi kepadatan lalu-lintas dengan ruang yang terbatas, dibuat sistem jalan yang bertingkat.

2.1.3.6 Klasifikasi Jembatan Berdasarkan Bentuk Strukturnya

Jembatan berdasarkan bentuk strukturnya terbagi menjadi:

1. Jembatan Plat

a) Jembatan Plat Penuh

Bentang jembatan 5-12 m. Jembatan ini biasanya dicor ditempat.

b) Jembatan Plat Berongga

Bentang jembatan 5-16 m. Biasanya berupa beton pratekan yang dicor ditempat dan ketebalannya terbatas (agak tipis) sehingga tidak memungkinkan menggunakan tipe balok.

c) Jembatan Balok/Gelagar dan Plat

Tipe-tipenya adalah:

- 1) Jembatan Balok/Gelagar dan Plat Beton Bertulang, dapat dicor ditempat atau pracetak.
- 2) Jembatan Balok/Gelagar dan Plat Beton Pratekan
- 3) Jembatan Gelagar Box dan Plat Beton Pratekan
- 4) Jembatan Gelagar Australia
- 5) Jembatan Gelagar Jepang

2. Jembatan Rangka

Rangka jembatan dapat terbuat dari beton, baja, atau kayu.

3. Jembatan Pelengkung

Kekuatan struktur jembatan tergantung pada lengkungan dan baloknya.

4. Jembatan Gantung

Tipe ini biasanya digunakan pada jembatan yang mempunyai bentang cukup

besar. Kekuatan jembatan bergantung pada kekuatan kabel baja untuk memikul sistem lantai melalui penggantung dan balok melintang. Dan digunakan pada lokasi dengan tanah dasar yang keras untuk sistem angker.

5. Jembatan *Cable Stayed*

Bagian-bagian jembatan *cable stayed*:

- a) Menara/tower, dibagi menjadi:
 - 1) Sistem menara tunggal
 - 2) Sistem dua menara
 - 3) Tipe menara pintu
 - 4) Tipe menara "A"
 - 5) tipe menara "Y" terbalik
- b) Transversal dan longitudinal *bracing*
- c) Lantai
- d) Balok pengaku dan gelagar utama
- e) Kabel-kabel diagonal, terbagi menjadi:
 - 1) Kabel tipe radial, semua kabel menumpu pada sistem lantai/gelagar diikat pada ujung menara.
 - 2) Tipe *harp*, setiap kabel dihubungkan dengan menara pada ketinggian berbeda.
 - 3) Kabel tipe *fan*, merupakan modifikasi tipe harp dengan posisi kabel satu dengan lainnya mempunyai kemiringan tidak sama.

2.2 Rencana Anggaran Biaya

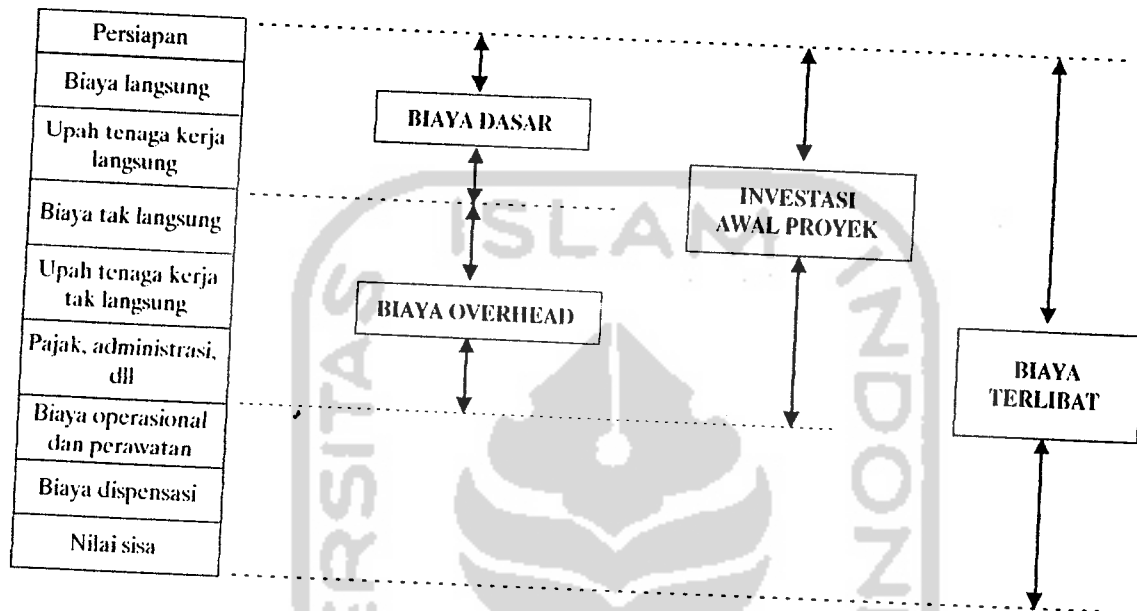
2.2.1 Analisis Biaya Bangunan

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan atau perhitungan biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan suatu proyek konstruksi, sehingga diperoleh biaya total untuk menyelesaikan proyek yang dilaksanakan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rencana anggaran biaya bangunan antara lain:

1. Biaya Langsung (*direct cost*) yaitu biaya yang dibebankan secara langsung dari biaya pekerjaan awal sampai biaya pekerjaan *finishing* pada perencanaan awal proyek, terdiri dari biaya bahan langsung dan upah buruh langsung.
2. Biaya Tak Langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang sulit ditentukan pada awal perencanaan proyek, diasumsikan dalam presentase perbandingan, terdiri dari biaya bangunan tak langsung dan upah buruh tak langsung.
3. Biaya *Overhead* adalah biaya tambahan pada rencana biaya awal selain dari *indirect cost*. Biaya ini dapat merupakan biaya tak terduga.
4. Biaya Awal Proyek merupakan seluruh investasi awal yang dibutuhkan untuk menjalankan proyek dan biaya tersebut tidak akan berulang selama waktu pembangunan proyek.
5. Biaya Operasional dan Perawatan adalah biaya yang dikeluarkan berulang-ulang untuk mengoperasikan dan merawat bangunan selama masa fungsi.
6. Biaya Siklus Hidup atau Biaya Terlibat adalah sejumlah pengeluaran sejak bangunan dirancang sampai bangunan tersebut tidak berfungsi.
7. Biaya Disposisi adalah biaya yang dibutuhkan bangunan bila telah melewati masa fungsi sehingga harus diadakan pembongkaran bangunan lama.

8. Nilai Sisa merupakan perkiraan nilai bangunan setelah masa fungsi berakhir.

Keterangan biaya yang lebih jelas dapat dilihat dari bagan berikut:



Gambar 2.1. Bagan Struktur Perencanaan Biaya

2.2.2 Anggaran Biaya Pasti

Anggaran biaya pasti merupakan penyusunan biaya bangunan yang sebenarnya, sehingga penyusunannya harus dihitung secara teliti dan lengkap karena diharapkan harga bangunan sesuai dengan perencanaan. Penyusunan biaya pasti dibantu dengan gambar rencana tentang berita acara, buku analisis, peraturan dan syarat-syarat (*hестek*) yang berlaku.

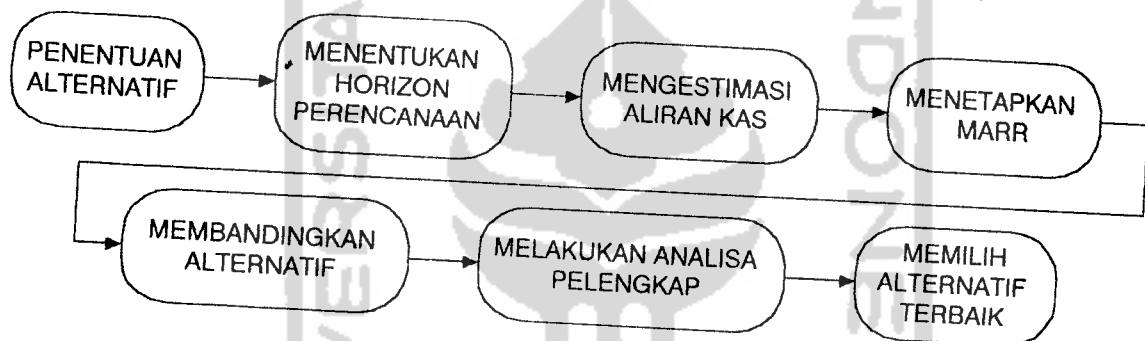
Penyusunan anggaran biaya pasti dilaksanakan dengan membuat daftar berikut:

- a) daftar harga satuan bahan
- b) daftar harga satuan upah tenaga kerja
- c) daftar satuan bahan dan tenaga kerja tiap satuan pekerjaan
- d) daftar volume dan harga satuan pekerjaan

- e) daftar rekapitulasi semua biaya pekerjaan atau harga bangunan riil.

2.3 Investasi

Perbandingan alternatif investasi adalah evaluasi berbagai kriteria analisis pada proses pengambilan keputusan secara efisien dan maksimal serta harapan alternatif tersebut ekonomis sehingga dapat diformulasikan untuk mencapai suatu tujuan yang menguntungkan. Langkah pengambilan keputusan dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Urutan pemilihan alternatif berdasarkan faktor ekonominya

2.3.1 Alternatif Investasi

Tahap awal pengambilan keputusan adalah mendefinisikan alternatif yang layak dipertimbangkan dalam analisis. Fase ini menentukan proses pengambilan keputusan yang optimal. Ada 3 jenis alternatif berkaitan dengan proses penentuan pilihan yaitu:

1. Alternatif *independent*, yaitu penerimaan atau penolakan alternatif tidak akan mempengaruhi alternatif lain.
2. Alternatif bersifat *mutually exclusive*, apabila pemilihan satu alternatif mengakibatkan penolakan alternatif yang lain atau sebaliknya.
3. Alternatif *contingen* apabila pemilihan suatu alternatif tergantung pada satu atau lebih alternatif lain yang menjadi prasyarat.

Pada analisis penentuan alternatif, yang akan diterima hanya satu alternatif, sehingga alternatif yang dianalisis selalu bersifat *mutually exclusive*, jadi dipilih alternatif terbaik menurut kriteria yang ada.

2.3.2 Horizon Perencanaan

Perbandingan alternatif investasi membutuhkan suatu periode studi sehingga analisis ekonomi teknik perlu dilakukan. Periode tersebut dinamakan horizon perencanaan.

Tiga situasi yang mungkin ditemui ketika menentukan horizon perencanaan, yaitu kemungkinan alternatif yang dibandingkan memiliki umur teknis sama, umur teknis berbeda atau memiliki umur yang abadi. Idealnya, alternatif selalu dibandingkan pada umur yang sama, sehingga dapat digunakan sebagai horizon perencanaan. Jika alternatif memiliki umur teknis berbeda maka cara menetapkan horizon perencanaan adalah :

1. Menggunakan kelipatan persekutuan terkecil (KPK) dari umur alternatif yang dipertimbangkan. Dengan cara ini diasumsikan aliran investasi untuk semua alternatif akan berulang dimasa yang akan datang sampai mencapai KPK.
2. Menggunakan ukuran deret seragam dari aliran investasi setiap alternatif. Deret seragam menunjukkan pengeluaran atau penerimaan yang jumlahnya tetap (seragam) tiap periode (tahun).
3. Menggunakan umur alternatif ekonomi yang lebih pendek dengan menganggap nilai dari alternatif yang lebih panjang pada akhir periode sebagai nilai sisa.

2.3.3 Aliran Investasi

Mengestimasi aliran kas setiap alternatif perlu memperhatikan *cash in* dan *cash out*, termasuk nilai sisa, biaya operasional dan pemeliharaan dan biaya disposisi yang terjadi dengan prediksi kondisi masa mendatang dan kecenderungan yang terjadi pada data masa lalu.

2.3.4 Minimum Attractive Rate of Return (MARR)

Tingkat bunga minimum (MARR) diasumsikan sebagai patokan dasar untuk mengevaluasi dan membandingkan investasi. MARR dinyatakan dengan tingkat bunga pertahun. Besarnya MARR dipengaruhi oleh ketersediaan modal, kesempatan investasi, tingkat inflasi, biaya modal (*cost of capital*), peraturan pajak, peraturan pemerintah, tingkat keberanian terhadap resiko, tingkat ketidakpastian yang akan dihadapi. MARR sebelum atau sesudah pajak dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$MARR_{\text{sesudah pajak}} = \frac{MARR_{\text{sebelum pajak}}}{1 - t}$$

dengan t adalah tingkat pajak pendapatan kombinasi.

2.3.5 Perbandingan Alternatif Investasi

Untuk membandingkan investasi harus digunakan metode yang sesuai, sehingga metode tersebut dapat mengukur efektifitas investasi suatu alternatif. Metode yang dapat digunakan antara lain:

1. Analisis Nilai Sekarang (*Present Worth Analysis*)

Pada metode ini semua aliran investasi dirubah menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga "P" yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari seluruh investasi selama horizon perencanaan dan tingkat bunga (MARR) yang dipakai, sehingga secara matematis dapat dinyatakan:

$$P_i = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^n} \quad (2.2)$$

$$P_i = \sum_{t=0}^n F_t (P/F, i\%, n) \quad (2.3)$$

dengan:

P_i = nilai sekarang dari seluruh investasi pada tingkat bunga i %.

F_t = aliran investasi pada akhir periode t .

n = horizon perencanaan (periode, dalam tahun)

P/F = faktor pengali nilai sekarang

2. Analisis Nilai Mendatang (*Future Worth Analysis*)

Pada metode ini semua aliran investasi dirubah pada satu titik dimasa mendatang dengan tingkat bunga tertentu. Nilai mendatang (F) dapat diperoleh dengan dengan rumus matematis:

$$F_i = P_t (1+i)^N \quad (2.4)$$

$$F_i = \sum_{t=0}^N P_t (F/P, i\%, N) \quad (2.5)$$

Keterangan:

F_i = nilai mendatang dari seluruh investasi pada tingkat bunga i %.

N = horizon perencanaan (periode dalam N tahun)

F/P = faktor pengali nilai mendatang

3. Analisis Deret Seragam (*Annual Worth Analysis*)

Pada metode deret seragam semua aliran investasi yang terjadi selama horizon perencanaan dihitung secara seragam tiap tahun dengan tingkat bunga $i\%$. Analisis deret seragam dapat ditinjau pada nilai mendatang atau nilai sekarang, sehingga akan berlaku hubungan:

$$A = \sum_{t=0}^n \frac{F_t \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (2.6)$$

$$A = \sum_{t=0}^n F_t(A/F, i\%, n) \text{ atau } A = \sum_{t=0}^n F_t(SFF, i\%, n) \quad (2.7)$$

$$A = \sum_{t=0}^n \frac{P_t \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.8)$$

$$A = \sum_{t=0}^n P_t(A/P, i\%, n) \text{ atau } A = \sum_{t=0}^n P_t(CRF, i\%, n) \quad (2.9)$$

Pada analisis deret seragam, tinjauan nilai sekarang dapat digunakan untuk mencari jumlah seluruh aliran yang keluar selama periode rencana N tahun dan bunga $i\%$, maka hubungannya adalah:

$$F = \sum_{t=0}^n \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i} \quad (2.10)$$

$$F = \sum_{t=0}^n A(F/A, i\%, n) \quad (2.11)$$

$$P = \sum_{t=0}^n \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \quad (2.12)$$

$$P = \sum_{t=0}^n A(P/A, i\%, n) \quad (2.13)$$

Keterangan:

A = nilai seragam tahunan = *annual*

A/F	= faktor pengali deret seragam nilai mendatang
SFF	= penambahan investasi secara seragam = <i>sinking fund factor</i>
F/A	= faktor pengali untuk jumlah investasi seragam nilai mendatang
A/P	= faktor pengali deret seragam nilai sekarang
CRF	= pemasukan kembali investasi seragam = <i>capital recovery factor</i>
P/A	= faktor pengali untuk jumlah investasi seragam terhadap nilai sekarang

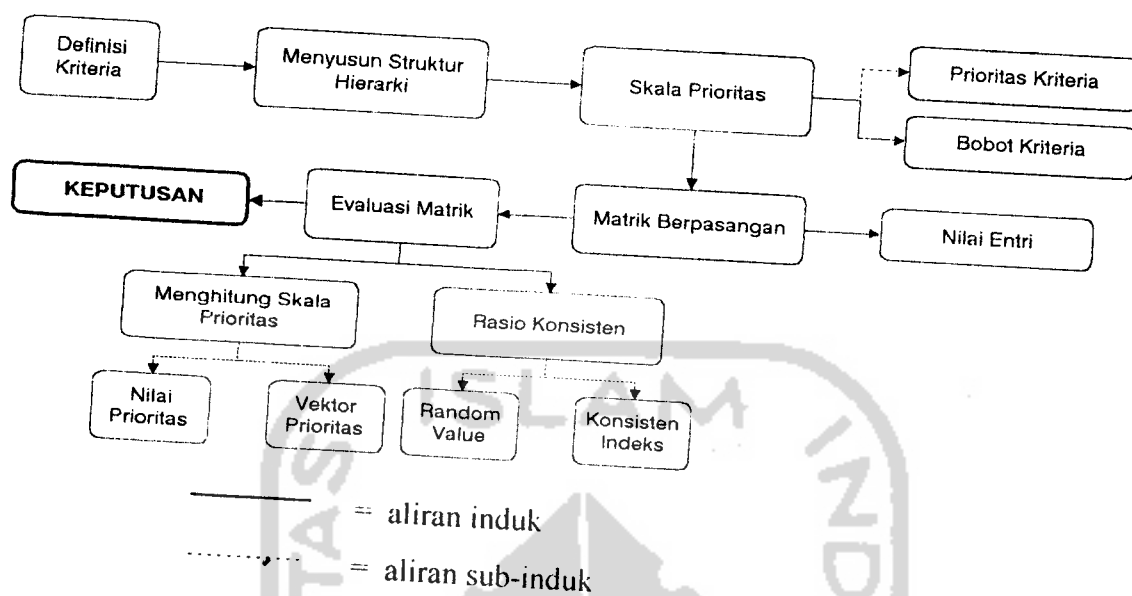
2.3.6 Alternatif Terbaik

Langkah akhir untuk mengevaluasi dan membandingkan alternatif adalah pemilihan investasi terbaik dari segi ekonomi. Namun pengambilan keputusan akhir haruslah mempertimbangkan banyak kriteria seperti waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan dan umur rencana, jadi bukan hanya segi ekonomi, tetapi harus ditinjau dari berbagai segi yang bersifat majemuk.

2.4. Pengambilan Keputusan dengan Proses Hirarki Analitis

Metode pengambilan keputusan dengan Proses Hirarki Analitis (PHA) adalah suatu metode menyusun permasalahan majemuk dalam bentuk hirarki dengan mempertimbangkan prioritas pendukung pengambilan keputusan. Prinsip dasar penggunaan PHA mengatur faktor terpenting sebagai elemen dan menyusunnya ditingkat paling bawah sebagai tujuan.

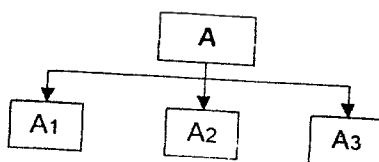
Langkah-langkah penyusunan PHA dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Langkah-langkah penyusunan PHA

Definisikan kriteria dari perincian masalah, letakkan dipuncak hierarki. Kriteria tersebut merupakan fokus/tujuan menyeluruh dari kriteria yang dibandingkan menurut pentingnya kontribusi masing-masing.

Menyusun struktur hierarki dengan cara mengelompokkan elemen-elemen homogen. Kemudian mengatur elemen pada tingkat yang berbeda dengan tingkat atas berisi elemen tujuan dan tingkat dibawahnya merupakan uraian.



Menentukan skala prioritas dari besarnya kontribusi masing-masing, disusun berdasarkan tingkat kepentingan elemen. Skala prioritas suatu persoalan dilakukan dengan membandingkan secara berpasangan, kemudian diberi bobot dan hasil penjumlahannya menjadi bilangan tunggal sebagai ukuran prioritas setiap elemen.

Membuat matriks berpasangan dari setiap elemen yang angkanya diambil dari bobot tiap kriteria, dengan nilai “n”, dibandingkan dengan elemen lain dengan nilai berbanding terbalik “1/n”. Contoh:

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	n	m
A_2	1/n	1	n/n
A_3	1/m	n/m	1

Dalam perbandingan berpasangan digunakan skala penilaian:

Tabel 2.1. Skala Penilaian Berpasangan

Tingkat Pentingnya	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Kedua elemen memberi kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen yang lain	Pengalaman dan pertimbangan sedikit memihak pada salah satu elemen
5	Satu elemen sesungguhnya lebih penting dari yang lain	Pengalaman atau penilaian secara kuat memihak pada salah satu elemen
7	Suatu elemen betul-betul lebih penting dari lainnya	Suatu elemen betul-betul lebih disukai dan dalam praktek lebih dominan
9	Suatu elemen mutlak lebih penting dari lainnya	Terbukti bahwa suatu elemen jelas disukai dari lainnya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian berurutan	Nilai ini diberikan bila diperlukan kompromi antara dua tingkat kepentingan

Catatan :
Bila elemen “i” mendapatkan nilai “n” dibanding dengan elemen “j” maka elemen “j” mendapat nilai 1/n jika dibandingkan dengan elemen “i”.

	A_1	A_2	A_3
A_1	1	n	m
A_2	1/n	1	n/n
A_3	1/m	n/m	1
	ΣA_1	ΣA_2	ΣA_3

Matrik A

	A_1	A_2	A_3
A_1	$1/\Sigma A_1$	$n/\Sigma A_2$	$m/\Sigma A_3$
A_2	$1/\Sigma A_1 \cdot n$	$1/\Sigma A_2$	$m/\Sigma A_3 \cdot n$
A_3	$1/m \cdot \Sigma A_1$	$n/m \cdot \Sigma A_2$	$1/\Sigma A_3$
	1	1	1

Matrik B

Membuat matriks C dengan cara membagi jumlah baris dengan jumlah kolom pada matriks B.

$$\begin{bmatrix} \frac{\left(\frac{1}{\sum A} + \frac{n}{\sum A} + \frac{m}{\sum A} \right)}{3} \\ \frac{\left(\frac{1}{n \cdot \sum A} + \frac{1}{\sum A} + \frac{m}{n \cdot \sum A} \right)}{3} \\ \frac{\left(\frac{1}{m \cdot \sum A} + \frac{n}{m \cdot \sum A} + \frac{1}{\sum A} \right)}{3} \end{bmatrix} \approx \text{disebut } \textit{Eugen Vektor}$$

matrik C

Evaluasi matriks menghasilkan *Eugen Vector* (Vektor Prioritas) yang merupakan hasil dari matriks C. Nilai baris total matrik B = matrik D

	A ₁	A ₂	A ₃	Total
A ₁	matrik B			
A ₂				
A ₃				

Matrik D

Eugen Value
(Total A ₁)/(eugen vektor A ₁)
(Total A ₂)/(eugen vektor A ₂)
(Total A ₃)/(eugen vektor A ₃)

dari matrik E
didapat σ

Matrik E

Matrik E merupakan hasil penjumlahan matrik D dengan kolom C atau disebut nilai prioritas ("*Eugen Value*").

2.4.1 Analisis Konsistensi Data

Hasil evaluasi matrik dengan metode PHA merupakan nilai pertimbangan dari sejumlah elemen dengan beberapa kriteria yang harus diuji nilai konsistensinya dengan menghitung nilai rasio konsisten (CR). Keputusan dapat dinilai konsisten apabila rasio konsisten $\leq 0,10$. Bila $CR > 0,10$ keputusan tidak konsisten, harus diulang analisisnya. Hubungan konsisten rasio dapat dijabarkan secara matematis sebagai berikut:

$$CI = \frac{\sigma - n}{n - 1} \quad (2.14)$$

$$CR = \frac{CI}{RV} \quad (2.15)$$

CR = konsistensi rasio = *Ratio Consistency*

CI = konsistensi indeks = *Index Consistency*

RV = Nilai Random (*Random Value*), merupakan angka dari tabel sesuai dengan ordo matrik, menyatakan korelasi terhadap indeks konsistensi dengan nilai matrik. Dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.2. Random Value

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RV	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

BAB III

TINJAUAN ALTERNATIF STRUKTUR JEMBATAN

3.1 Umum

Konstruksi jembatan, baik baja komposit maupun beton prategang pracetak umumnya mempunyai komponen/elemen pokok yang sama, yaitu balok/gelagar, diafragma, dan plat lantai. Namun setiap jenis konstruksi mempunyai karakteristik, sifat, dan kelebihan masing-masing. Bab ini akan meninjau mengenai hal tersebut.

3.2 Beton Prategang Pracetak

Beton prategang pracetak merupakan konstruksi alternatif hasil kemajuan teknologi. Beton pracetak adalah beton yang dicetak di pabrik dengan bentuk khusus sesuai desain. Proses pembuatan dilakukan secara massal. Konstruksi beton prategang pracetak dapat dipakai hampir disemua jenis bangunan dan yang akan dibahas adalah untuk struktur atas jembatan. Secara umum pembangunan dengan pracetak bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan. Keuntungan beton pracetak adalah:

1. Tahan terhadap korosi dan kedap air
2. Kondisi pencetakan dan perawatan elemen beton dapat dikontrol secara teliti, sehingga menghasilkan beton dengan kualitas tinggi.
3. Berkurangnya tenaga kerja yang diperlukan dalam menghasilkan satu-satuan beton karena rangkaian produksi dilakukan secara mekanis.

4. Beton pracetak tidak memerlukan pemeliharaan.
5. Kontrol bahan dengan pengendalian mutu lebih baik, menghasilkan produk yang berkualitas, di bawah pengawasan pabrik yang ketat.
6. Waktu pemasangan lebih singkat karena pekerjaan lapangan hanya meliputi pekerjaan pondasi dan penyambungan elemen pracetak.
7. Dengan waktu penyelesaian yang cepat, penghematan tenaga kerja dan penggunaan alat yang efisien, dapat menekan biaya pelaksanaan

3.2.1 Bahan Bangunan Pracetak

Material yang dipakai untuk pembuatan beton pracetak merupakan material dengan persyaratan tertentu. Karena dibuat di pabrik, kualitas material benar-benar di kontrol untuk mempertahankan mutu produksi.

3.2.1.1 Baja

Baja yang akan dipergunakan pada beton pracetak harus mempunyai persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a) Baja harus mempunyai kuat tarik besar dan keliatan (*ductility*) yang memadai. Bahan ini ditemui antara lain pada baja karbon, yaitu baja yang mengandung karbon maksimal 1%. Untuk meningkatkan lagi kekuatan baja, dapat ditambahkan mangaan, nikel dan kromium.
- b) Kekuatan baja prestress yang ditentukan oleh *British Standart* yaitu :
 - 1450 - 1660 N/mm² untuk kawat baja
 - 1660 - 1800 N/mm² untuk *strand*

c) Modulus elastisitas baja pracetak tergantung jenis baja yang digunakan, yang secara umum besarnya adalah:

- $1,94 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ untuk kawat baja karbon
- $1,63 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ untuk *strand*

d) Baja *prestress* harus bebas dari karat. Setelah pemasangan, baja akan tertutup sepenuhnya oleh beton yang merupakan pelindung terhadap karat. Oleh sebab itu harus diperhatikan perlakuan saat sebelum pemasangan, ketika baja belum berpenutup. Cara penanggulangan karat yang terbaik sampai saat ini adalah melumuri seluruh permukaannya dengan oli lalu ditutupi plastik (*polyethylene*).

3.2.1.2 Beton

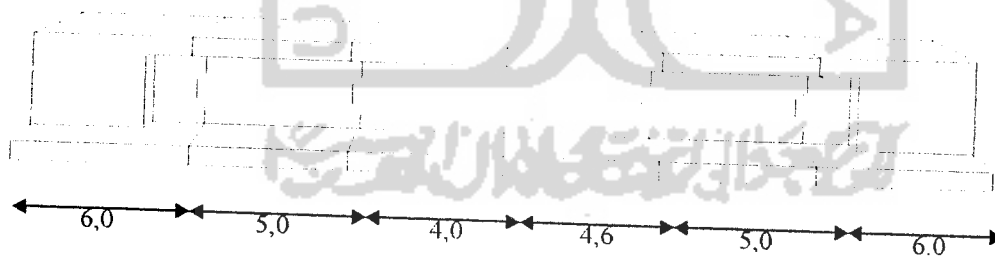
Beton merupakan campuran yang heterogen, karenanya harus mempunyai spesifikasi yang memenuhi persyaratan ketahanan sebagai beton pracetak, yaitu diantaranya adalah semen dan campurannya. Semen biasa dan semen *Portland* (semen yang cepat mengeras) biasa digunakan pada beton pracetak. Banyaknya air/semen akan berpengaruh pada derajat pemadatan, juga berpengaruh pada kestabilan kekuatan dan stabilitas beton. Campuran material lain dari beton adalah berupa agregat dan pasir. Agregat yang digunakan sebaiknya merupakan agregat seragam (*uniform aggregate*) guna menghasilkan mortar yang seragam dalam kekuatan dan modulus elastisitasnya serta, untuk jangka panjang, beton akan mempunyai karakteristik lebih konsisten. Untuk jembatan klas II, digunakan beton pracetak dengan mutu beton K-500 dan K-350.

3.2.2 Elemen-elemen Struktur Beton Pracetak

Perencanaan struktur jembatan dengan beton pracetak yang diproduksi di pabrik tidak memerlukan bekisting pada pekerjaan di lapangan. Dimensi elemen pracetak ditentukan standar pabrik dan permintaan lapangan dan dapat diproduksi secara ekonomis asal jumlahnya cukup banyak. Elemen balok dan lantai dibuat dalam berbagai bentuk sesuai kondisi tertentu, seperti panjang bentang, besar beban, ketahanan terhadap api yang diinginkan, penampilan dan lainnya. Dalam komparasi pembangunan jembatan Banmati, elemen beton pracetak yang digunakan adalah:

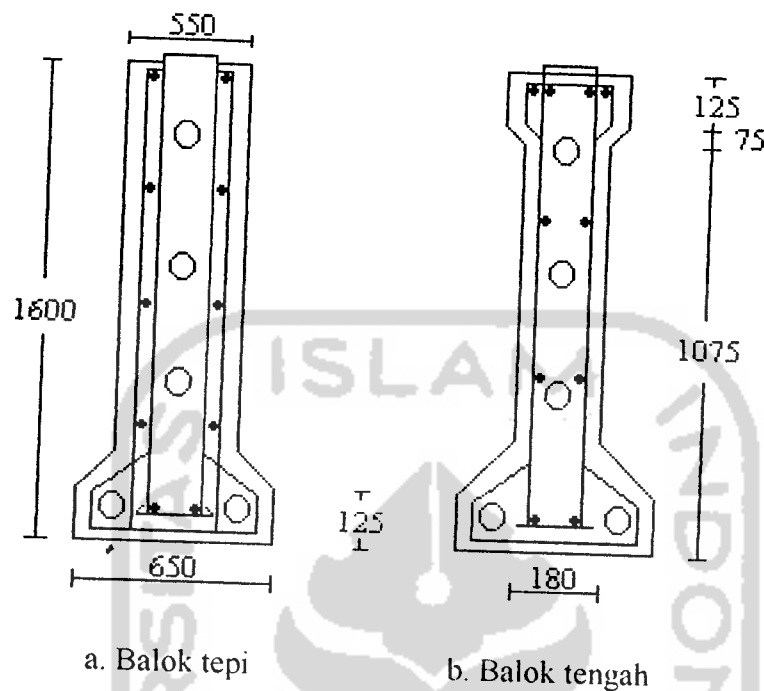
3.2.2.1 Gelagar/Balok Jembatan

Gelagar berfungsi sebagai badan jembatan yang bentuk dan ukurannya sudah ditentukan pabrik. Gelagar beton pracetak terdiri dari segmen-segmen dengan panjang tertentu, bertujuan untuk mempermudah pengiriman ke lokasi proyek bangunan.



Gambar 3.1. Gelagar pracetak segmental

Pada perencanaan jembatan Banmati dengan panjang bentang 30,6 m digunakan empat buah balok dengan tinggi 1,6 m.



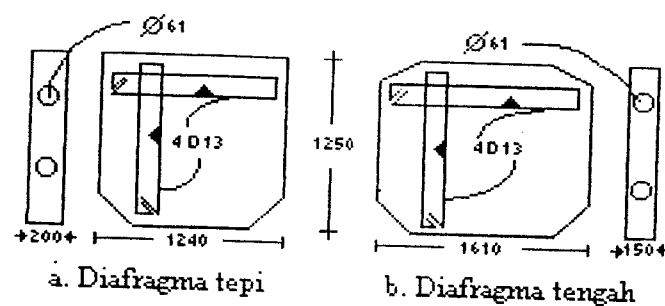
Gambar 3.2. Balok Jembatan

3.2.2.2 Diafragma

Diafragma berfungsi sebagai pengaku yang terpasang melintang diantara gelagar pracetak. Menggunakan beton mutu K-350 dengan baja U-39 untuk tulangan BJTD 13 mm, dan baja U-24 untuk tulangan BJTP 16 mm. Diafragma terdiri dari:

- diafragma tepi dengan dimensi $H = 1,25$; $L = 1,24$; $T = 0,2$
- diafragma tengah dengan dimensi $H = 1,25$; $L = 1,61$; $T = 0,15$.

Pada diafragma digunakan dua buah tendon dengan diameter 61 mm.



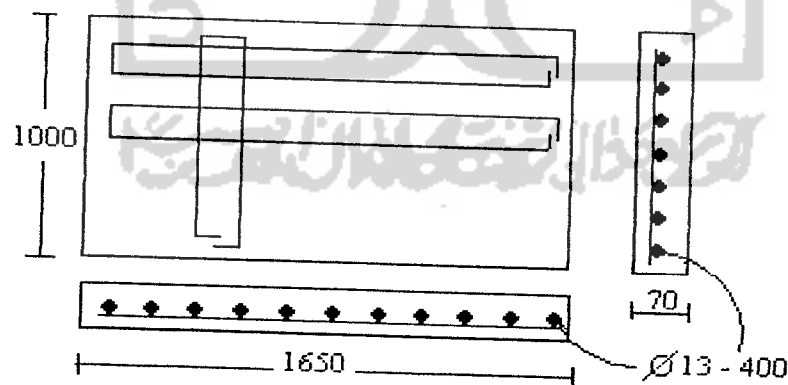
Gambar 3.3. Diafragma

3.2.2.3 *Plat deck*

Pada konstruksi jembatan, *plat deck* berfungsi seperti halnya plat lantai yang direncanakan untuk menahan beban dari lapis perkerasan, beban lalu lintas maupun berat sendiri untuk diteruskan ke konstruksi dibawahnya. *Plat deck* untuk perencanaan jembatan Banmati menggunakan beton K-350 dan baja U-32 untuk BJTD ϕ 13 mm serta baja U-24 untuk BJTP ϕ 16 mm, berukuran 100 x 165 cm² dan jarak tulangan 40 cm.



Gambar 3.4. Denah *Plat Deck*



Gambar 3.5. *Plat Deck*

3.2.2.4 Tendon

Ada dua macam tendon pada beton prategang yaitu:

1. Batangan baja, biasanya digunakan jika diperlukan tendon pendek dan lurus.

2. *Strand*, yaitu baja bermutu tinggi yang mengandung karbon, mangan dan silica.

Perencanaan jembatan Banmati dengan bentang 30,6 m mempunyai panjang *strand* 32,4 m. Ada dua macam *strand*, yaitu *strand* tunggal dengan diameter 5-7 mm dan *strand* lilit terdiri dari 7 kawat menjadi kesatuan *strand* berdiameter 13-15 mm.

3.2.2.5 Angkur

Angkur adalah alat yang memungkinkan tendon memberikan pratekanan dengan cara mengunci *strand* yang dilewatkan melalui lubang-lubang pada alat tersebut. Angkur juga berfungsi menutup *duct* sehingga bebas dari kotoran yang merusak *strand*. Angkur terdiri dari dua bagian, *anchor block* merupakan pengunci saat *stressing* dan *anchor head* sebagai pengunci utama, dipasang jika pekerjaan *stressing* selesai.

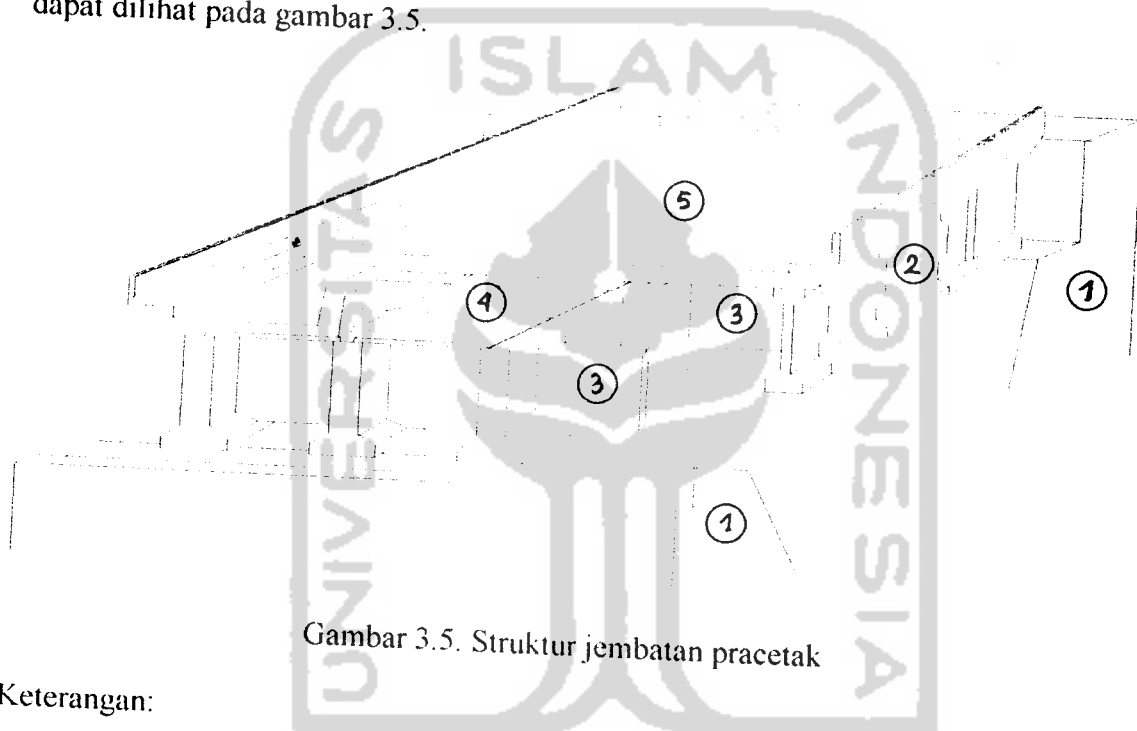
3.2.2.6 Ducting

Ducting adalah lubang *strand*, terdapat dua macam *ducting* yaitu:

1. *Ducting* dari *Zinc Coated Steel*, dipakai jika jembatan direncanakan secara permanen pada elemen prategangnya (tidak ada penggantian *strand*, melakukan *stressing* kembali dan lainnya).
2. *Ducting* dari plastik *polyethylene*, dipakai pada jembatan yang elemen prategangnya memerlukan perawatan.

Ducting berfungsi untuk melindungi *strand* dari korosi. Pada bagian luarnya dicat dan bagian dalam dilapisi *wax*, yang keduanya berfungsi untuk menambah ketahanan terhadap korosi. Pada perencanaan Jembatan Banmati digunakan *ducting* baja.

Elemen struktur jembatan pracetak yang telah dirakit menjadi suatu jembatan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Struktur jembatan pracetak

Keterangan:

1. *Abutment*
2. *Precast segmental beam*
3. *Diafragma (tepi dan tengah)*
4. *P.C. Slab*
5. *Cast in place concrete*

3.2.2.7 Kebutuhan Elemen Beton Prategang Pracetak

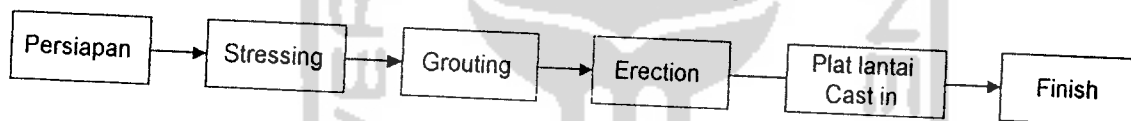
Kebutuhan komponen pracetak untuk jembatan dengan panjang 120 m dan lebar 7 m dengan jarak pilar 30 m dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kebutuhan komponen beton pracetak

No.	KOMPONEN BETON	UKURAN (m)	UNIT (bh)
1	Balok	(30,6) x 4 x 4	16
2	Diafragma - tepi - tengah	(1,24 x 0,2 x 1,25) x 3 x 2 x 4 (1,61 x 0,15 x 1,25) x 3 x 4 x 4	24 48
3	Plat deck (slab)	(1,65 x 1) x 3 x 30 x 4	320
4	Strand	(34,4) x 5 x 4 x 4	80

3.2.3. Metode Pelaksanaan di Lapangan

Pelaksanaan pekerjaan struktur jembatan menggunakan beton pracetak setelah pekerjaan pabrikasi dan persiapan selesai adalah pekerjaan *erection* (penyetelan). Pelaksanaan pekerjaan beton pracetak di lapangan meliputi :



Gambar 3.6. Tahapan pelaksanaan pemasangan jembatan

3.2.3.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi:

1. Pembuatan *stressing bed* meliputi:

- Pembuatan bantalan berbentuk trapesium dari pasangan batu secara melintang. Jumlah bantalan sesuai dengan jumlah segmen pracetak dan jarak antar bantalan juga sesuai dengan jarak segmen.

- Ketinggian landasan harus rata untuk memudahkan *stressing*.

2. Pekerjaan penyambungan

Alat yang diperlukan pada saat penyambungan:

- a) Lem *Epoxy Ep-Cu*
- b) Dongkrak (*jack*)
- c) Gerinda

Pelaksanaan penyambungan adalah sebagai berikut:

- a) disusun segmen balok dengan rapi dan lurus,
- b) permukaan segmen balok dibersihkan dengan disemprot angin bertekanan tinggi,,
- c) setelah bersih lalu dilapisi lem *Epoxy Ep-Cu* sampai rata,
- d) tendon dimasukkan ke lobang yang ada pada *anchor block*.

3.2.3.2 Pekerjaan *stressing*

Beton prategang pracetak menggunakan sistem *postensioned*. Pada sistem *postensioned* gaya pratekan dipindahkan dari tendon ke beton melalui angkur pada ujung balok setelah tendon ditegangkan. Pada kondisi awal beton harus mampu memikul tegangan akibat gaya pratekan dan berat sendiri gelagar. *Stressing* dilakukan di lapangan dengan alasan:

- a) bentang gelagar jembatan dengan panjang 30,6 m akan sulit dalam pengangkutannya jika distressing di pabrik,
- b) memperkecil terjadinya momen sekunder pada saat pengangkutan.

Langkah-langkah pekerjaan *stressing* adalah:

1. Setelah pekerjaan persiapan selesai, kemudian salah satu ujung tendon diangkur mati pada balok, sedang ujung yang lain sebagai tempat untuk penarikan kabel.

2. Penarikan tendon dimulai setelah alat untuk *stressing* siap, dengan menempatkan alat *stressing* pada ujung yang siap ditarik.
Pada tempat penarikan dipasang dongkrak beserta kelengkapannya berupa *gauge dial* yang gunanya untuk membaca besar *stressing* yang dikehendaki.
3. Penarikan beton dilakukan secara bertahap untuk mengetahui seberapa besar pergeseran gelagar (jarak antar gelagar semakin dekat), disamping untuk memonitor posisi gelagar dan besar lendutan.
4. Penarikan tendon pada tahap pertama sebesar 50 % untuk setiap lubang tendon/*duck* sampai segmen gelagar tersebut menyatu (monolit), baru kemudian penarikan tendon 100 %.
5. Selesai pekerjaan *stressing*, kelebihan *strand* yang telah ditegangkan dipotong dengan gerinda dengan panjang kurang lebih 2 cm diluar permukaan angkur.

3.2.3.3 Pekerjaan *grouting*

Pekerjaan *grouting* dilaksanakan setelah *stressing* selesai, yaitu dengan mengisi lubang *duck* dengan mortar sampai penuh. Kegunaan *grouting* adalah untuk melindungi strand dari korosi, mencegah relaksasi dan kelelahan *strand* serta sebagai pengikat beton di luar dan di dalam *duct*, sehingga monolit. Urutan pekerjaan *grouting* adalah:

1. campuran bahan yang telah disiapkan dimasukkan ke mesin *grouting*,
2. campuran yang telah homogen diinjeksikan melalui pipa yang dihubungkan *mixer grouting* ke lobang *duct*,

3. bila lobang *duck* telah penuh, maka pipa pada *anchor head* ditutup dengan campuran pasir semen untuk mencegah kebocoran.

3.2.3.4 Pekerjaan *erection*

Pekerjaan *erection* adalah memindahkan gelagar dari *stressing bed* ke posisi tumpuan (kepala pilar). Pekerjaan ini biasanya menggunakan metode *launching* namun jika medannya sulit bisa digunakan *crawler crane*. Metode *launching* yang banyak digunakan adalah metode *cantilever*. Peralatan *erection* antara lain:

1. *launching truss*,
2. *truck crane* dan *wheel crane*,
3. *abutment portal* dan *pier portal*,
4. peralatan penunjang (katrol, kabel, dll).

Urut-urutan pekerjaan *erection* terbagi dalam lima tahap, tahapan-tahapan tersebut adalah :

1. Tahap I
 - a) *launching truss* dipasang dengan bantuan *crane*,
 - b) rel dipasang di atas *truss* dan katrol di ujung *truss*,
 - c) *abutment portal* dipasang dengan bantuan *crane*,
 - d) *pier portal* diluncurkan dengan cara diikat pada kabel baja yang dihubungkan kekatrol, lalu kabel ditarik *truck crane*. Setelah itu pasang *pier portal* dengan bantuan *abutment portal*,
 - e) setelah semua peralatan terpasang, harus dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan keadaan alat.



Gambar 3.7.a Pemasangan *launching truss*

2. Tahap II

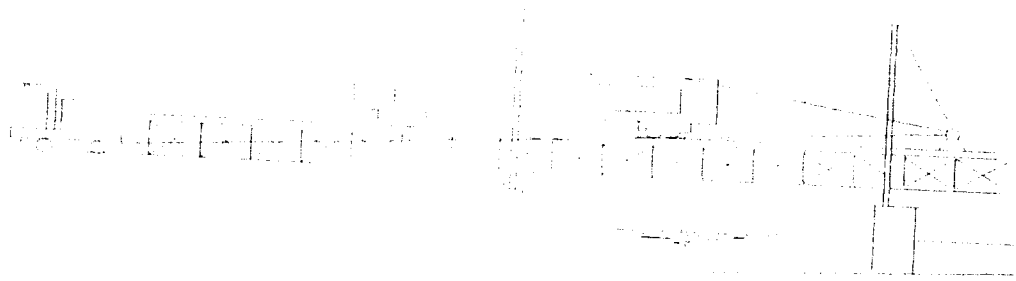
- 1) balok diangkat ke atas truss dengan *crane* dan *abutment portal*,
- 2) kabel/sling dari angker dipasang pada ujung gelagar ke katrol untuk menggeser gelagar sehingga tepat berada diatas rel.



Gambar 3.7.b Pengangkatan gelagar ke atas truss

3. Tahap III

- a) kabel/sling dari angker dipasang di ujung gelagar ke katrol lalu dihubungkan lagi ke katrol yang ada pada *flat bed truck*,
- b) gelagar ditarik perlahan dengan katrol pada *truck*,
- c) penarikan dihentikan jika ujung balok berada di atas perletakan pada pilar.



Gambar 3.7.c Penarikan gelagar ke atas bentang

4. Tahap IV

- a) gelagar diangkat dengan *abutment portal* dan *pier portal*, gelagar digeser sampai tepat berada diatas perletakan yang sudah dilengkapi dengan *elastometric bearing pad*,
- b) gelagar diturunkan.



Gambar 3.7.d. Meletakkan gelagar di atas perletakan

5. Tahap V

Lanjutkan pekerjaan untuk semua gelagar. Kemudian diafragma dipasang diantara dua gelagar. Lalu dilakukan stressing dan grouting.

3.3 Baja Komposit

Konstruksi baja beton komposit yang dimaksud adalah gelagar (girder) baja yang menyangga plat beton bertulang yang dicor ditempat. Pada masa permulaan, konstruksi komposit direncanakan dengan anggapan plat beton dan baja bekerja secara terpisah dalam menahan beban. Pengaruh komposit (pengaruh sebagai satu kesatuan) baja dan beton tidak diperhitungkan. Pengabaian berdasarkan bahwa lekatan (*bond*) antara lantai/plat beton dan balok baja tidak dapat diandalkan. Namun dengan berkembangnya teknik pengelasan, pemakaian alat sambung geser (*shear connector*) mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser horisontal yang timbul ketika batang terlentur. Balok komposit (balok baja) yang ditanam dan plat pada balok menunjukkan kekuatan cadangan yang memadai, sehingga balok komposit dapat direncanakan berdasarkan penampang homogen yang diperoleh dengan mengubah luas beton menjadi luas baja ekuivalen.

Bila suatu sistem bekerja secara komposit, plat dan balok tidak akan menggelincir relatif satu dengan yang lainnya. Pada balok jembatan, kekuatan balok komposit bergantung pada interaksi antara dua bahan. Secara terinci dijelaskan bahwa balok komposit adalah pemakaian profil baja yang pada bagian atasnya dicor beton yang berfungsi sebagai lantai jembatan. Beton diikatkan secara ketat pada tampang baja dengan perantaraan sambungan geser (*shear connector*) yang dirancang sedemikian sehingga baja dan beton tersebut bereaksi bersamaan sebagai balok bertampang T (*composite beam*). Kelebihan struktur komposit adalah:

- a) kemungkinan pemakaian penampang yang lebih rendah dan lebih ringan karena adanya pengurangan berat dari balok baja,

- b) kekakuan lantai komposit jauh lebih besar dari kekakuan lantai beton,
- c) kapasitas pemikul beban meningkat,
- d) komposit mempunyai kekuatan cukup tinggi, pemasangan mudah dilaksanakan dengan standar mutu dapat dipertanggungjawabkan,
- e) pengangkutan elemen-elemen mudah dikerjakan dan elemen struktur baja tersebut dapat disambung menggunakan baut.

Selain kelebihan, baja komposit juga mempunyai kekurangan antara lain, struktur baja komposit memerlukan pemeliharaan secara rutin dengan biaya tidak sedikit. Kekuatan baja cukup tinggi maka banyak dijumpai batang struktur yang langsing, karenanya bahaya tekuk mudah terjadi.

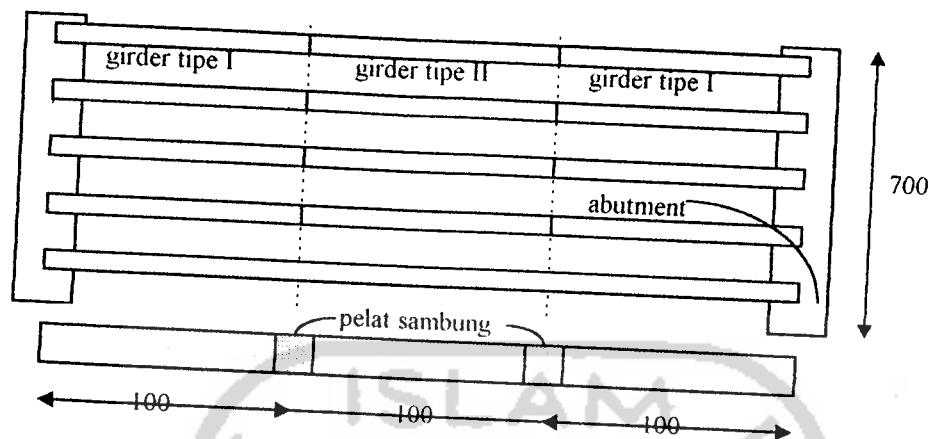
3.3.1 Komponen-komponen Struktur Jembatan Baja Komposit

Komponen-komponen struktur jembatan pada pembangunan Jembatan Banmati dipesan dari pabrik dengan ukuran sesuai dimensi yang diminta. Komponen-komponen tersebut terdiri dari:

3.3.1.1 Gelagar Jembatan

Pada jembatan Banmati, setiap bentang terdiri dari lima balok girder. Standar material baja yang dipakai untuk gelagar adalah JIS G 3106 (*Japan International Standard*) SM 490 YB. Setiap balok terdiri dari tiga girder dengan panjang masing-masing 10 m. Ada dua macam girder yang dipakai untuk satu bentang:

1. Girder tipe I, 10 unit dengan berat satuan 2381 kg.
2. Girder tipe II, 5 unit dengan berat satuan 2288 kg.



Gambar 3.8. Gelagar Jembatan Komposit

3.3.1.2 Diafragma

Standar baja yang dipakai untuk diafragma adalah JIS G 3106 (*Japan International Standard*) SM 400 YB. Tiga macam diafragma untuk satu bentang:

1. BRG-1, 14 unit dengan berat satuan 77 kg.
2. BRG-2, 8 unit dengan berat satuan 105 kg.
3. BRG-3, 2 unit dengan berat satuan 107 kg.



Gambar 3.9. Diafragma Baja Komposit

3.3.1.3 Pelat Sambungan

Pada pembangunan Jembatan Banmati, dengan bentang 30 m jembatan kelas II maka digunakan :

1. PS-1 20 unit dengan berat satuan 26 kg.
2. PS-2 10 unit dengan berat satuan 13 kg.



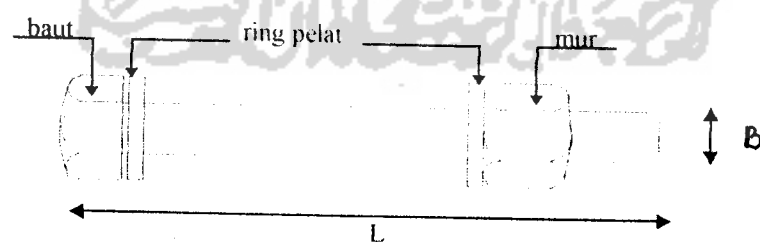
3. PS-3 ➡ 10 unit dengan berat satuan 28 kg.
4. PS-4 ➡ 20 unit dengan berat satuan 3,6 kg.
5. PS-5 ➡ 20 unit dengan berat satuan 11 kg.

3.3.1.4 Alat Sambung Geser (*Shear Connector*)

Penyambungan bagian-bagian baja dilakukan dengan menggunakan baut mutu tinggi sesuai standar JIS B 1180 grade 8.8. Baut dipasang lengkap dengan mur dan dua buah ring yang masing-masing sudah digalvanisir. Baut yang dipakai pada pembangunan Jembatan Banmati adalah:

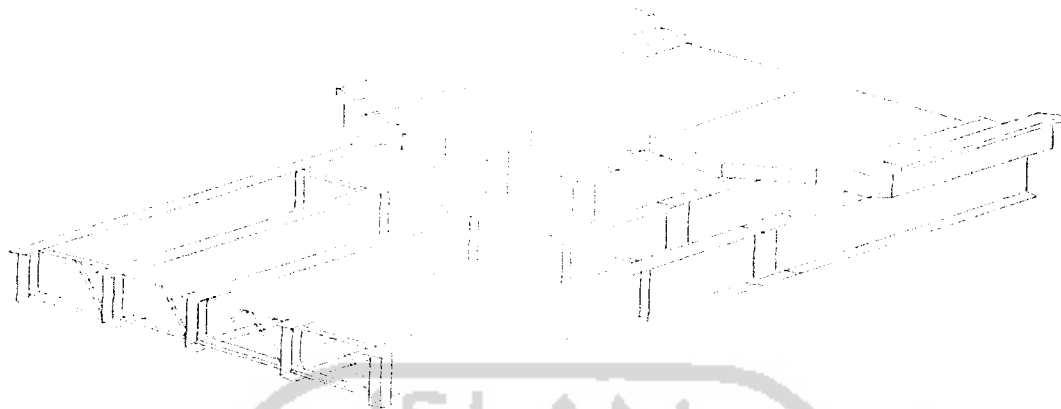
1. M-16x70 ➡ 8 unit dengan berat satuan 0,18 kg.
2. M-20x65 ➡ 224 unit dengan berat satuan 0,30 kg.
3. M-24x75 ➡ 624 unit dengan berat satuan 0,54 kg.
4. M-24x100 ➡ 288 unit dengan berat satuan 0,63 kg.

Maksud M16x70 adalah “M” berarti metrik, baut diameter 16 dengan panjang 70 m.



Gambar 3.10. Alat Sambung Geser

Komponen-komponen baja komposit yang sudah dirakit menjadi sebuah jembatan dapat dilihat pada gambar 3.14.

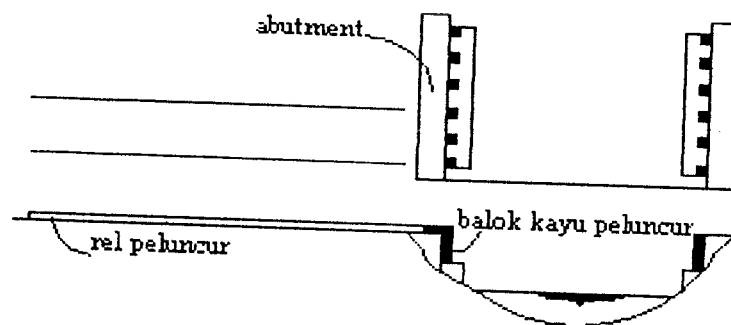


Gambar 3.11. Struktur Atas Jembatan Baja Komposit

3.3.2 Metode Pelaksanaan di Lapangan

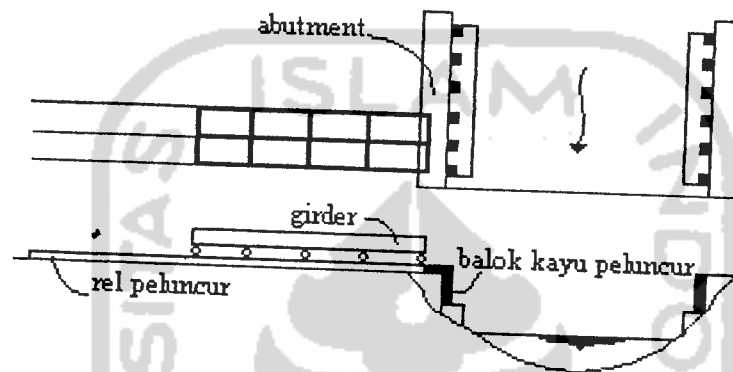
Metode yang dilakukan di lapangan adalah metode kantilever, yaitu bentang utama dirakit dulu pada satu sisi lalu diluncurkan ke sisi lainnya tanpa menggunakan perancah. Tahapan perakitan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Setelah daerah perakitan dipersiapkan dan abutmen selesai dibuat, pasang pada kedua sisi *abutment* kayu peluncur yang tingginya dinyatakan dengan tinggi krib kayu yang tergantung dari kombinasi bentang permanen dan bentang pemberat yang dirakit. Kemudian pasang rel peluncur disisi perakitan pada salah satu sisi sungai.



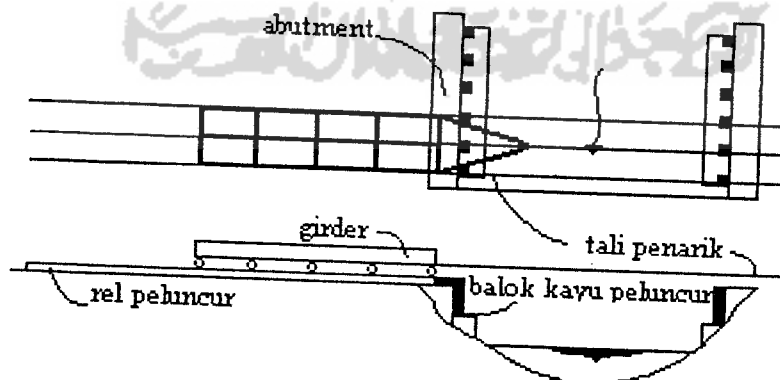
Gambar 3.12.a. Pemasangan rel peluncur

2. Rakit komponen gelagar berpasangan. Kayu-kayu untuk mempermudah terbentuknya lawan-lendut (*camber*) dipasang sesuai ketinggian yang ditetapkan. Lalu pasang diafragma yang menghubungkan setiap pasang gelagar. Semua komponen diletakkan di atas rel peluncur.



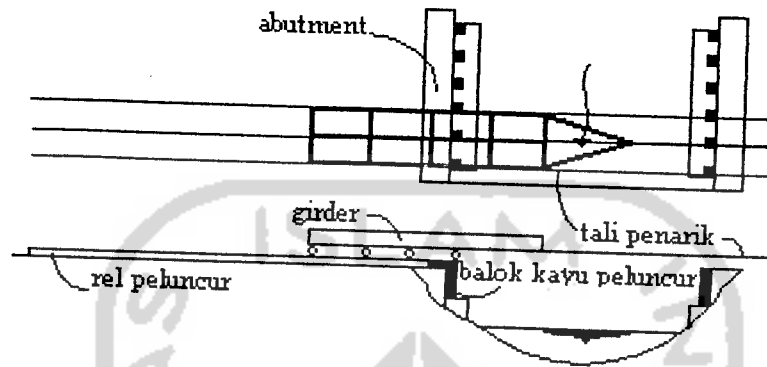
Gambar 3.12.b. Perakitan girder di atas rel peluncur

3. Setelah pasangan gelagar selesai dirakit, pasang kabel penarik pada ujung muka gelagar dan roda peluncur pada bagian bawah sayap gelagar guna mempermudah proses peluncuran.



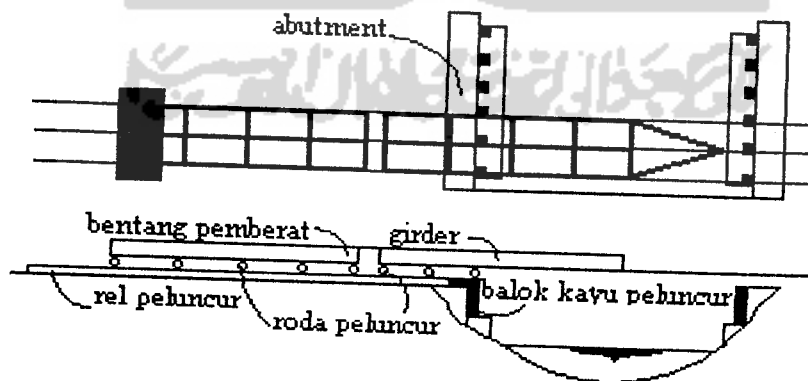
Gambar 3.12.c. Pemasangan kabel penarik gelagar

4. Pasangan gelagar tersebut ditarik dengan kabel penarik le sisi kepala jembatan seberangnya hingga kira-kira mencapai sepertiga bentang.



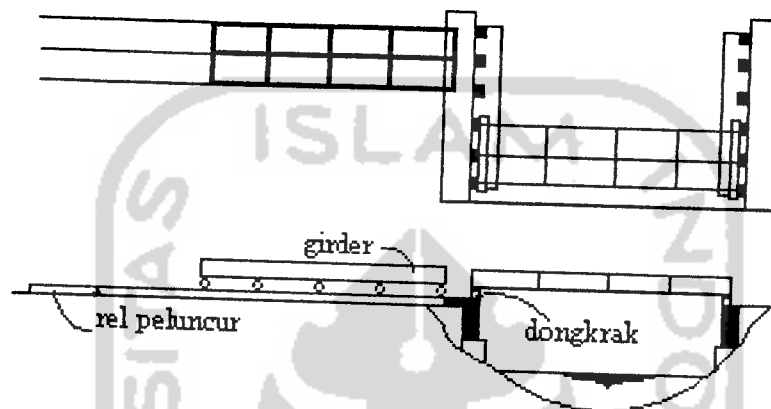
Gambar 3.12.d. Penarikan gelagar sampai sepertiga bentang

5. Rakit bentang pemberat di belakang bentang utama. Antara kedua bentang tersebut dihubungkan dengan pelat penyambung. Tambahkan beban pemberat pada bentang pemberat sebagai penyeimbang pada bagian belakang bentang pemberat.



Gambar 3.12.e. Perakitan bentang pemberat

6. Secara bertahap kelompok gelagar tersebut ditarik hingga mencapai sisi kepala jembatan di seberang. Kemudian kelompok gelagar ini didudukkan pada tumpuan sementara berupa krib kayu.



Gambar 3.12.f. Meletakkan gelagar pada perletakan

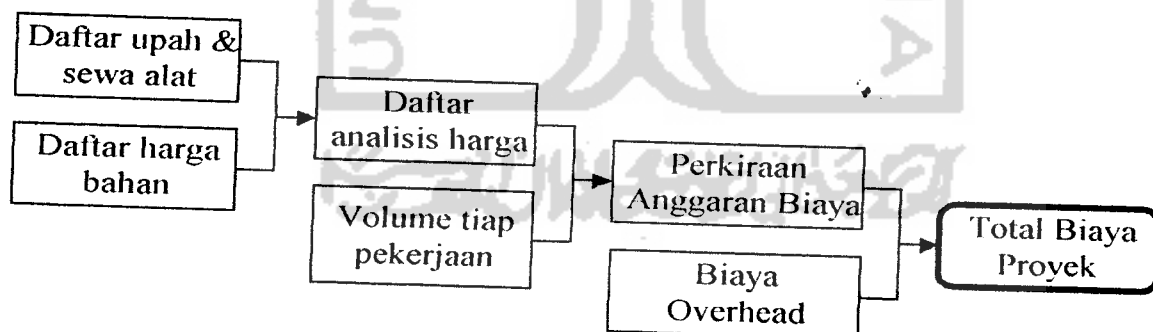
7. Setelah kelompok gelagar tersebut terpasang dan didudukkan pada posisi yang diharapkan, bentang pemberat dibongkar, segera dilanjutkan dengan perakitan kelompok gelagar yang lain dengan mengulangi tahap 1 sampai 7

BAB IV

ANALISIS DATA

4.1 Perhitungan Anggaran Biaya Satuan

Dalam merencanakan anggaran proyek harus diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan tersebut, tujuannya agar perkiraan biaya proyek dapat diterapkan sebagaimana mestinya. Untuk itu data, catatan harga bangunan sejenis, peraturan yang berlaku dan gambar rencana diperlukan sebagai dasar perhitungan perencanaan anggaran. Dalam menentukan harga satuan pekerjaan, anggaran proyek dihitung berdasarkan kebutuhan volume bahan. Secara garis besarnya perhitungan total anggaran proyek dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Bagan alir rencana anggaran biaya

4.2 Anggaran Biaya Jembatan Beton Prategang Pracetak

4.2.1 Pabrikasi dan Pemasangan Gelagar/balok Jembatan

Perhitungan volume kebutuhan dianalisis untuk setiap satu gelagar pracetak.

Perincian biaya gelagar adalah sebagai berikut:

1. Pekerja

Pemasangan gelagar pracetak membutuhkan pekerja terdiri dari mandor, tukang dan buruh. Untuk satu gelagar dibutuhkan mandor dengan 12 jam kerja, tukang dengan 24 jam kerja dan buruh 48 jam kerja. Jadi untuk memasang satu gelagar diperlukan waktu 12 jam dengan pekerja 1 mandor, 2 tukang dan 4 buruh.

2. Pabrikasi Beton Pracetak

Pembuatan beton pracetak untuk gelagar menggunakan beton mutu K-500 dengan kuantitas $16,53 \text{ m}^3$ tiap gelagar. Material yang dibutuhkan dalam $16,53 \text{ m}^3$ beton tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Biaya pekerja untuk pembuatan beton pracetak adalah 12 % dari biaya seluruh material, biaya peralatan adalah 14 % dari biaya seluruh material dan biaya tak langsung yang berupa biaya administrasi dan biaya tak terduga lainnya adalah 10 % dari biaya seluruh material.

3. Material

Material yang dimaksud di sini adalah material untuk keperluan pemasangan jembatan pracetak, yaitu pada pekerjaan *stressing*, *grouting* dan *launching*. Untuk setiap gelagar dengan panjang 30,6 m, kabel *prestress* atau tendon yang digunakan 5 buah dengan panjang rata-rata 34,4 m (berbentuk parabola) dan mempunyai berat

rata-rata 280 kg. Tendon tersebut dilindungi dengan *sheath* (ducting).

4. Peralatan

Peralatan yang diperlukan untuk pemasangan jembatan pracetak antara lain dongkrak (*stressing jack*) dan mesin *stressing* untuk pekerjaan penarikan, mesin *grouting* untuk menginjeksi mortar dari angkur blok ke dalam *ducting* serta *wheel crane* dan *log dolly* yang diperlukan untuk mengangkat dan menarik gelagar pracetak sesudah distressing ke tempat perletakannya.

Tabel 4.1. Daftar Perhitungan Harga Satuan Gelagar Pracetak Prategang

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	12,00	1.350,0	16.200,0	
2	Tukang	jam	24,00	1.100,0	26.400,0	
3	Buruh	jam	48,00	800,0	38.400,0	81.000,00
B	PRECAST					
1	Material					
a	Concrete Work K-500	m ³	16,53			
	- Cement	kg	8.265,00	250,0	2.066.250,0	
	- Sand	m ³	9,99	16.250,0	162.337,5	
	- Aggregate	m ³	14,32	38.500,0	551.325,0	
	- Additive	kg	54,53	3.500,0	190.853,0	
b	Steel Work					
	- D 13	kg	2.151,00	4.500,0	9.676.500,0	
	- Ø 16	kg	171,00	4.500,0	769.500,0	
	- wire	kg	58,00	7.800,0	452.400,0	
2	Labour		12 %		1.664.299,9	13.869.165,50
3	Equipment		14 %		1.941.683,2	
4	Indirect Cost		10 %		1.386.916,0	4.992.904,10
C	MATERIAL					
1	Prestressing Cable	kg	1.398,00	8.000,0	11.184.480,0	
2	Anchorage	each	10,00	350.000,0	3.500.000,0	
3	Grouting	m	153,00	12.000,0	1.944.000,0	
4	Sheath Ø 61 (ducting)	m	153,00	33.500,0	5.427.000,0	
5	Stressing bed	m ³	2,40	70.000,0	168.000,0	
6	Epoxy	kg	0,47	200.000,0	94.000,0	22.317.480,00
D	PERALATAN					
1	Crane on Wheel 40 t	jam	18,00	150.000,0	2.700.000,0	
2	Long Dolly 40 t	jam	18,00	75.000,0	1.350.000,0	
3	Flat Bed Truck	jam	12,00	15.000,0	180.000,0	
4	Stressing Jack	jam	12,00	30.000,0	360.000,0	
5	Stressing Machine	jam	12,00	40.000,0	480.000,0	

6	Grouting Machine	jam	12,00	20.000,0	240.000,0	
7	Generator Set 5 KVA	jam	12,00	5.000,0	60.000,0	
8	Others	Ls	1,00	647.650,0	647.650,0	6.017.650,00
E	OVERHEAD (10 %)					4.727.819,50
F	HARGA SATUAN					52.006.014,10

4.2.2 Pabrikasi dan Pemasangan Diafragma Jembatan

Prinsip pemasangan pracetak untuk diafragma tepi dan tengah tidak mempunyai perbedaan, hanya pada pembuatan pracetaknya saja, karena masing-masing diafragma mempunyai ukuran yang berbeda. Perincian biaya diafragma adalah sebagai berikut:

a. Pekerja

Perakitan diafragma tepi dan tengah memerlukan pekerja terdiri dari mandor, tukang dan buruh. Untuk mengerjakan satu diafragma dibutuhkan mandor dengan 1 jam kerja, tukang dengan 2 jam kerja dan buruh dengan 8 jam kerja. Jadi setiap diafragma dikerjakan dalam waktu 1 jam dengan pekerja 1 mandor, 2 tukang dan 8.

b. Pabrikasi Beton Pracetak

1. Diafragma tepi

Pada pembuatan pracetak untuk diafragma tepi digunakan beton mutu K-350 dengan kuantitas $0,325 \text{ m}^3$ setiap diafragma. Material yang diperlukan untuk pembuatan beton maupun penulangannya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Biaya pekerja untuk pembuatan beton pracetak adalah 6 % dari biaya seluruh material, biaya peralatan adalah 16 % dari biaya seluruh material dan biaya tak langsung yang berupa biaya administrasi dan biaya tak terduga lainnya adalah 14 % dari biaya seluruh material.

2. Diafragma tengah

Pembuatan pracetak untuk diafragma tengah menggunakan beton mutu K-350 dengan kuantitas $0,308 \text{ m}^3$ setiap diafragma. Material yang diperlukan untuk pembuatan beton maupun penulangannya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Biaya pekerja untuk pembuatan beton pracetak adalah 6 % dari biaya seluruh material, biaya peralatan adalah 15 % dari biaya seluruh material dan biaya tak langsung yang berupa biaya administrasi dan biaya tak terduga lainnya adalah 12,5 % dari biaya seluruh material.

c. Material

Material yang dimaksud di sini adalah material yang digunakan pada pekerjaan *stressing*, *grouting* dan perakitan. Untuk setiap diafragma dengan panjang 1,3 dan 1,7 m, kabel *prestress* atau tendon yang digunakan 2 buah dengan panjang rata-rata 4 m (karena alurnya berbentuk parabola) berdiameter 57 mm dan mempunyai berat rata-rata 0,93 kg.

d. Peralatan

Peralatan untuk perakitan diafragma antara lain dongkrak (*stressing jack*) dan mesin *stressing* untuk pekerjaan penarikan tendon, mesin *grouting* untuk menginjeksi mortar dari angkur blok ke dalam *ducting* serta *wheel crane* yang diperlukan untuk mengangkat diafragma pracetak ke tempat perletakkannya kemudian distressing.

Tabel 4.2. Daftar Perhitungan Harga Satuan Diafragma Tengah

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	1,00	1.350,0	1.350,0	
2	Tukang	jam	2,00	1.100,0	2.200,0	
3	Buruh	jam	8,00	800,0	6.400,0	9.950,00
B	PRECAST					
1	Material					
a	Concrete Work K-500	m ³	0,33			
	- Cement	kg	162,50	250,0	40.500,0	
	- Sand	m ³	0,18	16.250,0	2.925,0	
	- Aggregate	m ³	0,35	38.500,0	13.475,0	
b	Steel Work					
	- D 13	kg	23,99	4.500,0	107.955,0	
	- wire	kg	0,60	7.800,0	4.680,0	169.535,00
2	Labour		6 %		10.172,1	
3	Equipment		16 %		27.125,6	
4	Indirect Cost		14 %		23.734,9	61.032,60
C	MATERIAL					
1	Prestressing Cable	kg	3,72	8.000,0	29.760,0	
2	Anchorage	each	4,00	60.000,0	240.000,0	
3	Grouting	m	4,00	12.000,0	48.000,0	
4	Sheath Ø 57 (ducting)	m	4,00	33.500,0	120.000,0	
5	Epoxy	kg	0,023	200.000,0	4.600,0	454.360,00
D	PERALATAN					
1	Crane on Wheel 15 t	jam	1,00	75.000,0	75.000,0	
2	Stressing Jack	jam	1,00	30.000,0	30.000,0	
3	Stressing Machine	jam	1,00	40.000,0	40.000,0	
4	Grouting Machine	jam	1,00	20.000,0	20.000,0	
5	Generator Set 5 KVA	jam	1,00	5.000,0	5.000,0	
6	Others	Ls	1,00	9.500,0	9.500,0	179.500,00
E	OVERHEAD					87.437,80
F	HARGA SATUAN					952.815,40

Tabel 4.3. Daftar Perhitungan Harga Satuan Diafragma Tepi

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	1,00	1.350,0	1.350,0	
2	Tukang	jam	2,00	1.100,0	2.200,0	
3	Buruh	jam	8,00	800,0	6.400,0	9.950,00
B	PRECAST					
1	Material					
a	Concrete Work K-500	m ³	0,31			
	- Cement	kg	154,00	250,0	38.500,0	
	- Sand	m ³	0,17	16.250,0	2.762,5	
	- Aggregate	m ³	0,24	38.500,0	9.240,0	
b	Steel Work					

	- D 13	kg	29,21	4.500,0	131.445,0	
	- wire	kg	0,60	7.800,0	4.680,0	186.627,50
2	Labour		6,0 %		11.197,7	
3	Equipment		15,0 %		27.994,1	
4	Indirect Cost		12,5 %		23.328,4	62.520,20
C	MATERIAL					
1	Prestressing Cable	kg	3,72	8.000,0	29.760,0	
2	Anchorage	each	4,00	60.000,0	240.000,0	
3	Grouting	m	4,00	12.000,0	48.000,0	
4	Sheath Ø 57 (ducting)	m	4,00	33.500,0	120.000,0	
5	Epoxy	kg	0,017	200.000,0	3.400,0	453.160,00
D	PERALATAN					
1	Crane on Wheel 15 t	jam	1,00	75.000,0	75.000,0	
2	Stressing Jack	jam	1,00	30.000,0	30.000,0	
3	Stressing Machine	jam	1,00	40.000,0	40.000,0	
4	Grouting Machine	jam	1,00	20.000,0	20.000,0	
5	Generator Set 5 KVA	jam	1,00	5.000,0	5.000,0	
6	Others	Ls	1,00	9.500,0	9.500,0	179.500,00
E	OVERHEAD (10%)					89.175,80
F	HARGA SATUAN					980.933,50

4.2.3 Pabrikasi dan Pemasangan Plat Lantai Jembatan

Plat lantai jembatan terdiri dari dua bagian yaitu untuk bagian bawah digunakan *plat deck* pabrik (*pracetak*) dan pada bagian atasnya digunakan beton *cast in place*.

1. *Plat Deck* Pracetak

a. Pekerja

Pemasangan *plat deck* tepi dan tengah memerlukan pekerja terdiri dari mandor, tukang dan buruh. Untuk mengerjakan satu *plat deck* dibutuhkan dengan 0,25 jam, dengan pekerja terdiri dari 1 mandor, 1 tukang dan 2 buruh.

b. Pabrikasi Beton Pracetak

Pembuatan *pracetak* untuk *plat deck* menggunakan beton mutu K-350 dengan kuantitas 0,121 m³. Material yang diperlukan untuk pembuatan beton maupun untuk penulangannya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Biaya pekerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton pracetak adalah 7 % dari biaya seluruh material, biaya peralatan adalah 9 % dari biaya seluruh material dan biaya tak langsung yang berupa biaya administrasi dan biaya tak terduga lainnya adalah 6 % dari biaya seluruh material.

c. Material

Pada gelagar jembatan sudah ada tempat/alur untuk meletakkan *plat deck* sehingga bisa tersusun rapi di atas gelagar. Lem *Epoxy* digunakan hanya untuk memberi kekuatan tambahan sehingga *plat deck* tidak mudah terangkat atau bergoyang.

d. Peralatan

Pengangkatan *plat deck* dilakukan dengan diangkat secara manual oleh pekerja. Sedangkan peralatan seperti palu, linggis dan lainnya ditentukan dengan *lumpsum*

Tabel 4.4. Daftar Perhitungan Harga Satuan *Plat Deck*

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	hour	0,25	1.350,0	337,5	
2	Tukang	hour	0,25	1.100,0	275,0	
3	Buruh	hour	0,50	800,0	400,0	1012,50
B	PERALATAN Tools	Ls	1,00	1.000,0	1.000,0	1.000,00
C	PRECAST					
1	Material					
a	Concrete Work K-500	m ³	0,121			
	- Cement	kg	45,980	250,0	11.495,0	
	- Sand	m ³	0,074	16.250,0	1.202,5	
	- Aggregate	m ³	0,091	38.500,0	3.367,0	
b	Steel Work					
	- D 13	kg	19,500	4.500,0	87.750,0	

2	- wire	kg	1.110	7.800,0	8.658,0	219.484,00
3	Labour		7 %		15.363,9	
4	Equipment		9 %		19.753,5	
	Indirect Cost		6 %		13.169,1	48.286,50
D	OVER HEAD (10%)					26.978,30
E	HARGA SATUAN					296.761,30

2. Plat Lantai *Cast in Place*

Plat deck yang dibuat di pabrik hanya mempunyai ketebalan 7 cm, sehingga ketebalan lantai perlu ditambah agar memenuhi syarat plat lantai minimum yaitu 20 cm. Pekerjaan beton *cast in place* dilakukan diseluruh permukaan jembatan dengan ketebalan 13 cm, keterangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

a. Pekerja

Pelaksanaan pekerjaan lantai *cast in place* memerlukan pekerja yang terdiri dari mandor, tukang dan buruh. Pekerjaan dihitung dengan satuan m^3 . Untuk mengerjakan $1 m^3$ pengecoran beton dibutuhkan waktu 0,8032 jam dengan perincian pekerja yaitu 1 mandor, 4 tukang dan 12 orang buruh.

b. Material

Mutu beton yang digunakan untuk lantai *cast in place* ini adalah K-350 yang perinciannya terdapat pada tabel 4.5. Kayu dan paku digunakan untuk bekisting.

c. Peralatan

Untuk pembuatan beton diperlukan *concrete mixer*, sedangkan *water tanker* berfungsi sebagai tempat air bersih yang akan digunakan untuk mengaduk beton. *Vibrator* dipakai pada saat pengecoran yang berfungsi memberi getaran agar didapatkan beton yang padat dan rata.

Tabel 4.5. Daftar perhitungan harga lantai cast in place per m³

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	0,8032	1,350.00	1.084,32	
2	Tukang	jam	3,2129	1.100.00	3.534,19	
3	Buruh	jam	9,6380	800.00	7.710,40	12,328,91
B	MATERIAL					
1	Cement	kg	380,0000	250.00	95.000,00	
2	Sand	m ³	0,4400	16.250.00	7.150,00	
3	Aggregate	m ³	0,7500	38.500.00	28.875,00	
4	Wood	m ³	0,1000	450.000.00	45.000,00	
5	Nail	kg	0,8000	3.000.00	2.400,00	178.425,00
C	EQUIPMENT					
1	Concrete Mixer	jam	0,8032	12.000.00	9.638,40	
2	Water Tanker	jam	0,0580	19.400.00	1.125,20	
3	Vibrator	jam	0,8032	5.000.00	4.016,00	
4	Others	Ls	1,0000	7.000.00	7.000,00	21.779,60
D	OVERHEAD (10%)					21.253,40
E	UNIT PRICE					233.786,91

3. Penulangan plat lantai

Penulangan plat lantai cast in place dilakukan pada seluruh permukaan jembatan dengan perincian sebagai berikut:

a. Pekerja

Pekerjaan baja tulangan memerlukan pekerja terdiri dari mandor dan buruh. Setiap 1 kg baja tulangan dikerjakan dalam waktu 0,035 jam (2,1 menit) dan dikerjakan oleh 1 mandor dan 3 orang buruh.

b. Material

Satuan perhitungan material adalah kg. Jenis baja tulangan yang digunakan adalah baja mutu U-24 polos dengan diameter 12 dan 16 mm. Kawat bendrat adalah kawat yang berfungsi mengikat sambungan (*overlap*) pada baja tulangan. Kuantitasnya seperti yang tercantum pada tabel 4.9.

c. Peralatan

Untuk memotong dan membengkokkan baja digunakan cara manual/tenaga manusia sehingga alat berat tidak digunakan. Gunting pemotong baja, pita ukur dan lainnya ditentukan dengan *lump sum*.

Tabel 4.9 Daftar perhitungan harga satuan pekerjaan baja tulangan

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	0,035	1.350,00	47,25	
2	Tukang	jam	0,035	1.100,00	38,50	
3	Buruh	jam	0,105	800,00	84,00	169,75
B	MATERIAL					
1	Steel U-24	kg	1,100	4.500,00	4.950,00	
2	Wire	kg	0,020	7.800,00	156,00	5.106,00
C	PERALATAN					
	Tools	Ls	1,000	600,00	600,00	600,00
D	OVERHEAD					586,90
E	UNIT PRICE					6.446,00

4.2.4 Harga Total Jembatan

Harga total jembatan adalah harga setiap unit dikalikan dengan jumlah unit yang dibutuhkan untuk satu jembatan untuk beton pracetak, sedangkan untuk beton *cast in place* dikalikan dengan volume yang dibutuhkan yaitu :

$$7 \times 120 \times 0,13 = 109,2 \text{ m}^3.$$

Tabel 4.6. Daftar Harga Total Jembatan

No.	Description	Unit	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)
1	P.C.I. Girder Span	16	52.006.014,10	832.096.225,60
2	Diaphragm			
	- End Section	24	980.933,50	23.542.404,00
	- Middle Section	48	952.815,40	45.735.139,20
3	Plat Deck	340	296.296,30	100.898.842,00
4	Plat Lantai			
	- Tulangan baja	25.000 kg	6.446,00	161.150.000,00
	- Beton cast in place	109,2 m ³	233.786,91	25.529.530,57
Total				1.188.952.147,00

4.3 Anggaran Biaya Jembatan Baja Komposit

Pada baja komposit, perhitungan harga dikelompokkan menjadi 3 macam menurut jenis pekerjaannya.

4.3.1 Pabrikasi dan Pemasangan Girder Baja

Gelagar baja terdiri dari 3 girder yang dirakit dengan plat sambung dan diberi alat sambung geser. Perincian pekerjaan dan biayanya adalah sebagai berikut:

1. Pekerja

Pemasangan girder baja memerlukan pekerja terdiri dari mandor dan buruh. Pekerjaan 1 kg baja memerlukan waktu 0,015 jam ($\pm 0,9$ menit) dengan perincian pekerja yaitu 1 mandor dan 12 orang buruh. Jadi untuk satu gelagar dengan berat 2667 kg tetap dipekerjakan 1 mandor dan 12 buruh serta dikerjakan selama 40,005 jam ($0,015 \times 2667$).

2. Material

Material berupa baja bangunan yang berbentuk balok girder. Mempunyai panjang ± 10 m, sebanyak 60 balok, dengan berat masing-masing ± 2667 kg. Harga sudah termasuk biaya transportasi ke lapangan.

3. Peralatan

Peralatan yang diperlukan untuk pemasangan girder baja berupa *truck crane*, *wheel crane* dan *flat bed truck*, yang masing-masing berfungsi sebagai alat untuk transportasi, mengangkat dan memindahkan girder baja. Mesin las berfungsi untuk menyambung girder baja satu dengan yang lain sehingga dapat memperkuat plat sambung dan baut yang telah dipasang.

Tabel 4.7 Daftar perhitungan harga satuan pekerjaan pemasangan girder baja

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	0,0150	1.350,00	20,25	
3	Buruh	jam	0,1780	800,00	142,40	162,65
B	MATERIAL					
2	Steel Work	kg	1,0000	4.400,00	4.400,00	4.400,00
C	PERALATAN					
1	Crane on Wheel 15 t	jam	0,0012	45.000,00	84,00	
2	Flat Bed Truck	jam	0,0099	70.000,00	222,75	
3	Crane on Truck	jam	0,0028	22.500,00	126,00	
4	Others	Ls	1,0000	60,00	60,00	492,75
D	OVERHEAD (10%)					505,54
E	UNIT PRICE					5560,94

4.3.2 Pekerjaan Beton K-350

Pekerjaan beton K-350 merupakan pekerjaan pelat lantai *cast in place* dengan perincian sebagai berikut:

1. Pekerja

Pekerjaan beton K-350 memerlukan pekerja terdiri dari mandor, tukang dan buruh. Untuk mengerjakan 1 m³ pekerjaan beton perlu waktu 0,8032 jam (48,192 menit) dikerjakan oleh 1 mandor, 4 tukang dan 12 orang buruh.

2. Material

Material dihitung per m³ pekerjaan. Kayu dan paku diperlukan pada pekerjaan bekisting. Kalkulasi bahan untuk setiap 1 m³ adukan beton dengan mutu beton K-350:

1. Semen yang diperlukan $\pm$ 380 kg.
2. Pasir yang diperlukan $\pm$ 817 kg, dengan berat volume = 1340 kg maka volume pasir:

$$817 \div 1340 = 0,61 \text{ m}^3$$

3. Split yang diperlukan ± 998 kg, dengan berat volume = 1290 kg maka volume split:

$$998 \div 1290 = 0,745 \text{ m}^3$$

3. Peralatan

Peralatan yang diperlukan pada pekerjaan beton K-350 ini antara lain *concrete mixer* yang berfungsi sebagai alat pengaduk campuran beton. Tangki air berfungsi sebagai penampung air bersih untuk mencampur beton. Kemudian *vibrator*, merupakan alat penggetar yang berfungsi untuk memadatkan adukan beton yang telah dicor pada bekisting serta alat lain seperti martil, gergaji dan pita ukur.

Tabel 4.8 Daftar perhitungan harga satuan pekerjaan beton K-350

No	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	0,8032	1,350.00	1.084,32	
2	Tukang	jam	3,2129	1.100.00	3.534,19	
3	Buruh	jam	9,6380	800.00	7.710,40	12,328,91
B	MATERIAL					
1	Cement	kg	380,0000	250.00	95.000,00	
2	Sand	m ³	0,4400	16.250.00	7.150,00	
3	Aggregate	m ³	0,7500	38.500.00	28.875,00	
4	Wood	m ³	0,1000	450.000.00	45.000,00	
5	Nail	kg	0,8000	3.000.00	2.400,00	178.425,00
C	EQUIPMENT					
1	Concrete Mixer	jam	0,8032	12.000.00	9.638,40	
2	Water Tanker	jam	0,0580	19.400.00	1.125,20	
3	Vibrator	jam	0,8032	5.000.00	4.016,00	
4	Others	Ls	1,0000	7.000.00	7.000,00	21.779,60
D	OVERHEAD (10%)					21.253,40
E	UNIT PRICE					233.786,91

4.3.3 Pekerjaan Baja Tulangan U-24 Polos

Pekerjaan baja tulangan merupakan pekerjaan penulangan pada plat lantai, dengan keterangan sebagai berikut:

1. Pekerja

Pekerjaan baja tulangan memerlukan pekerja terdiri dari mandor dan buruh. Setiap 1 kg baja tulangan dikerjakan dalam waktu 0,035 jam (2,1 menit) dan dikerjakan oleh 1 mandor dan 3 orang buruh.

2. Material

Satuan perhitungan material adalah kg. Jenis baja tulangan yang digunakan adalah baja mutu U-24 polos dengan diameter 12 dan 16 mm. Kawat bendrat adalah kawat yang berfungsi mengikat sambungan (*overlap*) pada baja tulangan. Kuantitasnya seperti yang tercantum pada tabel 4.9.

3. Peralatan

Untuk memotong dan membengkokkan baja digunakan cara manual/tenaga manusia sehingga alat berat tidak digunakan. Gunting pemotong baja, pita ukur dan lainnya ditentukan dengan *lump sum*.

Tabel 4.9 Daftar perhitungan harga satuan pekerjaan baja tulangan

No.	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)	Total Amount (Rp)
A	PEKERJA					
1	Mandor	jam	0,035	1.350,00	47,25	
2	Tukang	jam	0,035	1.100,00	38,50	
3	Buruh	jam	0,105	800,00	84,00	169,75
B	MATERIAL					
1	Steel U-24	kg	1,100	4.500,00	4.950,00	
2	Wire	kg	0,020	7.800,00	156,00	5.106,00

C	PERALATAN Tools	Ls	1,000	600,00	600,00	600,00
D	OVERHEAD					586,90
E	UNIT PRICE					6,446,00

4.3.5 Harga Total Jembatan

Harga total jembatan adalah harga satuan dikalikan dengan kebutuhan yang diperlukan untuk satu jembatan. Perincian harga total jembatan seperti pada tabel 4.10:

Tabel 4.10. Harga total jembatan baja komposit

No	Description	Unit	Quantity	Unit Cost (Rp)	Amount (Rp)
1	Steel Girder	kg	165.004,00	5.560,94	917.577.343,80
2	Concrete K-350	m ³	168,00	233.786,91	39.276.200,88
3	Steel U-24	kg	43.080,00	6.446,00	277.693.680,00
Total					1.234.558.225,00

4.4 Biaya Perawatan dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan perawatan adalah biaya yang dikeluarkan terus-menerus selama masa fungsi jembatan.

4.4.1 Jembatan Baja Komposit

Biaya operasional dan perawatan gelagar baja komposit, adalah:

1. pengencangan baut dan penggantian baut yang hilang,
2. pengecatan elemen akibat korosi.
3. pembersihan celah-celah sambungan komponen baja,
4. pemeriksaan khusus

Jangka waktu pemeliharaan dan perawatan jembatan untuk jembatan dengan struktur atas baja komposit dilakukan rutin setiap tahun, karena pengaruh getaran lalu lintas

terhadap komponen baja akan mengakibatkan sistem sambungan tidak sempurna.

Rincian biaya operasional pada jembatan baja komposit adalah

1. Biaya Pengencangan dan pemeriksaan baut.

Jumlah baut : $594 \times 4 = 2376$ buah baut

$2376 \text{ buah} \times \text{Rp } 650,00 = \text{Rp } 1.544.400,00$

2. Penggantian baut (1% dari jumlah baut)

$0,01 \times 2376 \text{ buah} \times \text{Rp } 4.000,00 = \text{Rp } 95.040,00$

3. Pengecatan komponen baja

$25 \text{ liter} \times \text{Rp } 10.000,00 = \text{Rp } 250.000,00$

4. Pemeriksaan khusus

$= \text{Rp } 110.560,00$

Total pemeliharaan dan perawatan

$= \text{Rp } 2.000.000,00$

Masa fungsi jembatan gelagar baja komposit direncanakan untuk 35 tahun, maka untuk menghitung keperluan pemeliharaan dan perawatan jembatan selama masa fungsi, diasumsikan dengan bunga bank 17% dan tingkat inflasi 3%.

4.4.2 Jembatan Beton Prategang Pracetak

Jangka waktu perawatan jembatan beton pracetak dilakukan secara berkala setiap 5 tahun sekali karena struktur beton tidak memerlukan perawatan khusus. Perawatan pada celah komponen pracetak biasanya disebabkan faktor alami yakni debu dan hujan. Rincian biaya operasional dan pemeliharaan pada jembatan pracetak adalah:

1. pembersihan celah per m³ bangunan @ Rp. 2.000,00, sehingga pembersihan seluruh areal jembatan:

$$\text{Rp. 2.000,00} \times 120 \times 7 \times 1 = \text{Rp 1.680.000,00}$$

2. biaya taktis = Rp 320.000,00

3. pemeriksaan khusus = Rp 1.000.000,00

$$\text{Total biaya pemeliharaan dan perawatan} = \text{Rp 3.000.000,00}$$

Masa fungsi jembatan dengan struktur atas beton pracetak direncanakan dengan standar PT. Wijaya Karya Beton, Boyolali, Jawa Tengah adalah 50 tahun. Pada perhitungan diasumsikan bunga bank 17% dan inflasi 3% pertahun, sehingga digunakan bunga kombinasi :

$$i = 17\%$$

$$if = 3\%$$

$$\begin{aligned} ic &= i + if \\ &= 0,17 + 0,03 \\ &= 0,2 = 20\% \end{aligned}$$

Pada jembatan beton prategang pracetak, 5 tahun pertama tidak memerlukan biaya perawatan, jadi biaya operasional baru ada 5 tahun kemudian. Biaya operasional 5 tahun kemudian adalah sebesar Rp 3.000.000,00 yang sudah disesuaikan oleh faktor tahun dan bunga kombinasi.

4.4.3 Rekapitulasi Biaya Perawatan dan Pemeliharaan Jembatan

Biaya operasional dan perawatan yang diperlukan kedua alternatif selama masa fungsi dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Biaya Perawatan dan Pemeliharaan Jembatan

Th ke-n	Operasional & Maintenance			Tipe Jembatan			
	Nilai Mendatang			Baja Komposit		Beton Prategang	
	Total Biaya Awal			966.066,364		878,722,501	
	Biaya O & P			2.000,000		3,000,000	
	MARR=17%	if = 3%	ic	Nilai tahunan	future worth	Nilai 5-tahunan	Present Worth
1	1.170	0.030	0.0000	2000000	2.00E+06		
2	1.369	1.061	1.2000	2400000	4810200		
3	1.602	1.093	1.4400	2880000	8676772.02		
4	1.874	1.126	1.7200	3440000	13896377.96		
5	2.192	1.159	2.0734	4146800	20893325.08	6220200	6220200
6	2.565	1.194	2.4883	4976600	30155146.06		
7	3.001	1.230	2.9860	5972000	42311966.51		
8	3.511	1.267	3.5832	7166400	58156550.84		
9	4.108	1.305	4.2998	8599600	78684059.42		
10	4.807	1.344	5.1598	10319600	105141760	15479400	31288959.93
11	5.624	1.384	6.1917	12383400	139089735		
12	6.580	1.426	7.4301	14860200	182477239.6		
13	7.699	1.469	8.9161	17832200	237735521.5		
14	9.007	1.513	10.6993	21398600	307893676.9		
15	10.539	1.558	12.8392	25678400	396721070.1	38517600	118043127.7
16	12.330	1.605	15.4070	30814000	508902561.5		
17	14.426	1.653	18.4884	36976800	650255276.9		
18	16.879	1.702	22.1861	44372200	827994834.2		
19	19.748	1.754	26.6233	53246600	1051063175		
20	23.106	1.806	31.9480	63896000	1330532232	95844000	395868099
21	27.034	1.860	38.3370	76674000	1680098393		
22	31.629	1.916	46.0051	92010200	2116696773		
23	37.006	1.974	55.2041	110408200	2661239481		
24	43.297	2.033	66.2474	132494800	3339554499		
25	50.658	2.094	79.4968	158993600	4183490726	238490400	1244647828
26	59.270	2.157	95.3962	190792400	5232317074		
27	69.345	2.221	114.4755	228951000	6534416306		
28	81.134	2.288	137.3706	274741200	8149366291		
29	94.927	2.357	164.3447	328689400	10149490717		
30	111.065	2.427	197.8138	395627600	12626778863	593441400	3756898271
31	129.946	2.500	237.3763	474752600	15691283807		
32	152.036	2.575	284.8516	569703200	19479269316		
33	177.883	2.652	341.8219	683643800	24158111253		
34	208.123	2.732	410.2235	820447000	29933386871		
35	243.503	2.814	492.2235		36072724519	1476670500	11025384105
40	533.869	3.262	590.6682			1772004600	29794651902
45	1170.479	3.782	1469.7716			4409314800	80136837193
50	2566.215	4.384	3657.2620				2.0368E+11
Total Biaya O & P					36072724519		2.0368E+11

Nilai mendatang yang didapat kemudian dirubah menjadi nilai sekarang, yaitu:

1. Baja Komposit

$$\begin{aligned}
 P &= F_{35} \times \frac{1}{(1 + i)^n} \\
 &= 36.072.724.519 \times \frac{1}{(1 + 0,2)^{35}} \\
 &= \text{Rp. } 61.071.042,47
 \end{aligned}$$

2. Beton Prategang Pracetak

$$\begin{aligned}
 P &= F_{50} \times \frac{1}{(1 + i)^{50}} \\
 &= 203.680.000.000 \times \frac{1}{(1 + 0,2)^{50}} \\
 &= \text{Rp. } 22.381.339,96
 \end{aligned}$$

4.5 Biaya Disposisi

Biaya disposisi adalah biaya untuk pembongkaran bangunan bila akan diadakan penggantian, karena bangunan tersebut sudah melewati masa fungsi.

4.5.1 Baja Komposit

Biaya disposisi atau biaya pembongkaran struktur beton prategang pracetak adalah Rp.17.500,00 per m³. Sehingga biaya disposisi untuk jembatan dengan panjang 120 m, lebar 7 m, tinggi 0,66 m, tebal plat lantai 0,2 m dan tebal aspal 0,14 m adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Disposisi} &= \text{Harga} \times P \times L \times t \\
 &= \text{Rp}17.500,00 \times 120 \times 7 \times (0,66 + 0,2 + 0,14) \\
 &= \text{Rp. } 14.700.000,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Disposisi} + \text{biaya taktis} \\
 &= 14.700.000,00 + 300.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 15.000.000,00
 \end{aligned}$$

Karena pembongkaran tersebut terjadi pada bulan Mei 1997 maka untuk mengkonversi nilai tersebut pada bulan Mei 1998 dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %. adalah :

$$\begin{aligned}
 F_{(\text{mei}1998)} &= P (1 + ic)^n \\
 &= 15.000.000,00 (1 + 0,2051)^1 \\
 &= \text{Rp } 18.076.500,00
 \end{aligned}$$

4.5.2 Beton Prategang Pracetak

Biaya disposisi atau biaya pembongkaran struktur beton prategang pracetak adalah Rp. 25.000,00 per m². Sehingga biaya disposisi untuk jembatan dengan panjang 120 m dan lebar 7 m adalah sebesar:

$$\text{Rp. } 25.000,00 \times 7 \text{ m} \times 120 \text{ m} = \text{Rp. } 21.000.000,00$$

4.6 Nilai Sisa

Pada jembatan baja komposit, setelah melewati masa fungsi 35 tahun akan mempunyai nilai sisa. Nilai sisa jembatan baja komposit tersebut diasumsikan 3 % dari total harga komponen baja. Jadi nilai sisa struktur baja komposit dengan bentang 120 m dan lebar 7 m adalah:

$$\begin{aligned}
 &0,03 \times \text{berat total baja} \times \text{harga satuan komponen baja} \\
 &0,03 \times 165.004 \text{ kg} \times \text{Rp } 4.400,00 = \text{Rp } 21.285.516,00
 \end{aligned}$$

Pada jembatan yang menggunakan struktur atas beton, baik beton pracetak maupun beton konvensional tidak mempunyai nilai sisa.

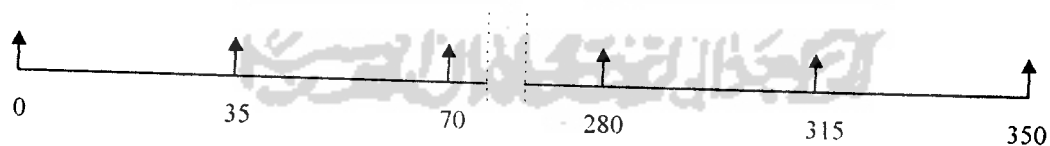


BAB V

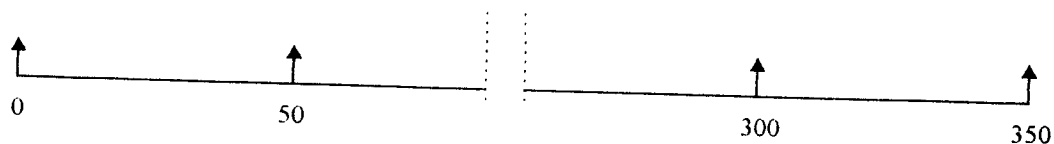
PEMBAHASAN

5.1 Horizon Perencanaan

Penanaman investasi dipengaruhi oleh periode atau waktu yang digunakan pada struktur bangunan dengan masa fungsi tertentu. Struktur atas jembatan menggunakan baja komposit mempunyai masa fungsi 35 tahun, sedangkan beton pracetak direncanakan dengan masa fungsi 50 tahun. Kedua alternatif mempunyai horizon perencanaan yang berbeda, maka untuk membandingkan kedua investasi tersebut digunakan kelipatan persekutuan terkecil dari masa fungsi kedua alternatif. Jadi kedua alternatif akan berulang dimasa yang akan datang sampai didapat tahun yang sama, yaitu 350 tahun.



Gambar 5.1 Horizon Perencanaan Struktur Atas Baja Komposit



Gambar 5.2 Horizon Perencanaan Struktur Atas Beton Prategang Pracetak

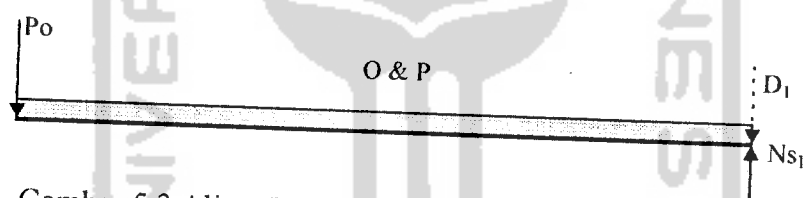
5.2 Estimasi Aliran Investasi

Estimasi aliran investasi jembatan harus mempertimbangkan semua biaya yang masuk (*cash in*) dan biaya pengeluaran (*cash out*) selama masa fungsi struktur atas jembatan tersebut. Biaya yang dipergunakan (*cash flow*) pada investasi struktur atas jembatan antara baja komposit dengan beton prategang pracetak adalah:

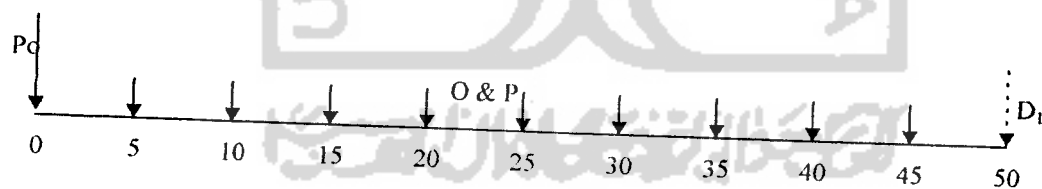
a. *Cash out*

1. biaya awal (P_0)
2. biaya operasional dan perawatan (O & P)
3. biaya disposisi (D)

b. *Cash in* berupa nilai sisa (N_s)



Gambar 5.3 Aliran Investasi Jembatan Baja Komposit



Gambar 5.4 Aliran Investasi Jembatan Beton Prategang Pracetak

Keterangan:

Cash out = ↓

Cash in = ↑

5.3 Minimum Attractive Rate of Return (MARR)

Tingkat bunga untuk mengevaluasi kedua alternatif struktur atas jembatan antara baja komposit dengan beton prategang pracetak merupakan tingkat bunga minimum yang diasumsikan 15% pertahun dan dikombinasikan dengan tingkat pajak yang harus dikeluarkan, diasumsikan 10%. Sehingga MARR dinyatakan dengan hubungan:

$$\text{MARR} = \frac{\text{tingkat bunga minimal}}{1 - t}$$

$$= \frac{0,15}{1 - 0,1}$$

$$= 0,1667$$

$$= 16,67\% = 17\%$$

$$t = \text{tingkat pajak pengeluaran}$$

5.4 Komparasi Alternatif Investasi Jembatan

Perbandingan investasi alternatif jembatan dianalisis dengan menggunakan nilai sekarang (*present worth*), nilai mendatang (*future worth*) dan nilai tahunan seragam (*annual worth*). Investasi yang terjadi pada kedua struktur atas menggunakan kelipatan persekutuan terkecil, sehingga investasi berulang sampai 350 tahun yang akan datang. Faktor bunga yang digunakan adalah bunga kombinasi, yaitu:

$$F = \sum_{n=0}^{n,35} (1 + i)^n$$

$$\text{Faktor bunga 35 tahun} = (1 + 0,17)^{35} = 243,504$$

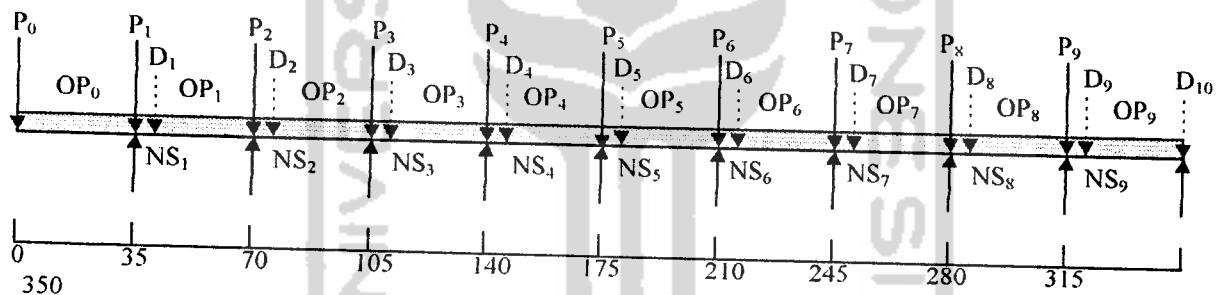
$$\text{Tingkat inflasi 35 tahun} = (1 + 0,03)^{35} = 2,814$$

$i = 17\%$, $if = 3\%$ maka bunga kombinasi:

$$ic = 0,17 + 0,03 + (0,17 \times 0,03) = 0,2051$$

5.4.1 Baja Komposit

Cash flow pada jembatan baja komposit selama masa fungsi berupa *cash out* terdiri dari biaya awal jembatan Rp. 966.006.364,00, biaya operasional dan perawatan Rp. 2.000.000,00 pertahun dan biaya disposisi Rp. 18.076.500,00. Sedangkan cash in yang terjadi berupa nilai sisa sebesar 19.680.000,00. Investasi struktur baja komposit ini dianalisis secara berulang sampai 350 tahun.



Gambar 5.5. Aliran Investasi Total Baja Komposit

5.4.1.2 Investasi Awal Jembatan Baja Komposit

Investasi awal proyek merupakan biaya proyek yang dikonversikan kenilai akan datang (future worth) dengan MARR 17% dan inflasi 3% serta masa fungsi jembatan 35 tahun, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.1 Aliran Investasi Awal Baja Komposit

Thn	Bunga, $i = 17\%$	Inflasi, $if = 3\%$	Bunga Kombinasi	Investasi Awal (P_n)	Investasi Total (F)
$n = 35$	$F/P (1+i)^n$	$F/P (1+if)^n$	$c = (1+i+if+i*if)^n$	$P_n = P_o(1+ic)^n$	$P_n + (F_n - 1) * (1+ic)^{35}$
0	-	-	-	1234558225	1234558225
35	243.503	2.814	685.1852823	8.45901E+11	1.6918E+12
70	59293.82637	7.918	469478.8711	5.79599E+14	1.7388E+15
105	14438252.69	22.281	321680012.8	3.97133E+17	1.58853E+18
140	3515764686	62.695	2.2041E+11	2.72109E+20	1.36055E+21
175	8.56101E+11	176.415	1.51022E+14	1.86445E+23	1.11867E+24
210	2.08464E+14	496.408	1.03478E+17	1.2775E+26	8.94248E+26
245	5.07616E+16	1396.823	7.09016E+19	8.75322E+28	7.00257E+29
280	1.23606E+19	3930.467	4.85807E+22	5.99758E+31	5.39782E+32
315	3.00986E+21	11059.793	3.32868E+25	4.10945E+34	4.10945E+35
350	7.3291E+23	31120.737	2.28076E+28		2.81574E+38

5.4.1.2 Biaya Operasional dan Perawatan

Biaya operasional dan perawatan untuk jembatan baja sebesar Rp. 2.000.000,00 pertahun selama masa fungsi jembatan. Investasi tersebut dikonversikan ke nilai akan datang (future worth) dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.2 Investasi Operasional dan Perawatan Baja Komposit

Thn	Bunga, $i=17\%$	Inflasi, $if=3\%$	Bunga Kombinasi	O & P Awal (P_n)	Investasi Total (F)
$n=35$	$F/P (1+i)^n$	$F/P(1+if)^n$	$ic=(1+i+if+i*if)^n$	$P_n=P_o(1+ic)^n$	$P_n+(F_n-1)*(1+ic)^{35}$
0	-	-	-	61071042.47	61071042.47
35	243.503	2.814	685.1852823	41844979475	83689958950
70	59293.8264	7.918	469478.8711	2.86716E+13	8.60147E+13
105	14438252.7	22.281	321680012.8	1.96453E+16	7.85813E+16
140	3515764686	62.695	2.2041E+11	1.34607E+19	6.73035E+19
175	8.561E+11	176.415	1.51022E+14	9.22307E+21	5.53384E+22
210	2.0846E+14	496.408	1.03478E+17	6.31951E+24	4.42366E+25
245	5.0762E+16	1396.823	7.09016E+19	4.33004E+27	3.46403E+28
280	1.2361E+19	3930.467	4.85807E+22	2.96688E+30	2.67019E+31
315	3.0099E+21	11059.793	3.32868E+25	2.03286E+33	2.03286E+34
350	7.3291E+23	31120.737	2.28076E+28		1.39289E+37

5.4.1.3 Biaya disposisi

Biaya disposisi jembatan baja komposit dikonversikan ke nilai akan datang dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.3 Biaya Disposisi Baja Komposit

Thn	Bunga, $i=17\%$	Inflasi, $if=3\%$	Bunga Kombinasi	Disp Awal (P_n)	Investasi Total (F)
$n=35$	$F/P(1+i)^n$	$F/P(1+if)^n$	$ic=(1+i+if+i*if)^n$	$P_n=Po(1+ic)^n$	$P_n+(F_n-1)*(1+ic)^{35}$
0	-	-	-	-	-
35	243.503	2.814	685.1852823	18,076,500	18076500
70	59293.8264	7.918	469478.8711	8.48653E+12	1.69731E+13
105	14438252.7	22.281	321680012.8	5.81485E+15	1.74445E+16
140	3515764686	62.695	2.2041E+11	3.98425E+18	1.5937E+19
175	8.561E+11	176.415	1.51022E+14	2.72995E+21	1.36497E+22
210	2.0846E+14	496.408	1.03478E+17	1.87052E+24	1.12231E+25
245	5.0762E+16	1396.823	7.09016E+19	1.28165E+27	8.97157E+27
280	1.2361E+19	3930.467	4.85807E+22	8.7817E+29	7.02536E+30
315	3.0099E+21	11059.793	3.32868E+25	6.01709E+32	5.41538E+33
350	7.3291E+23	31120.737	2.28076E+28	4.12282E+35	4.12282E+36

5.4.1.4 Nilai Sisa

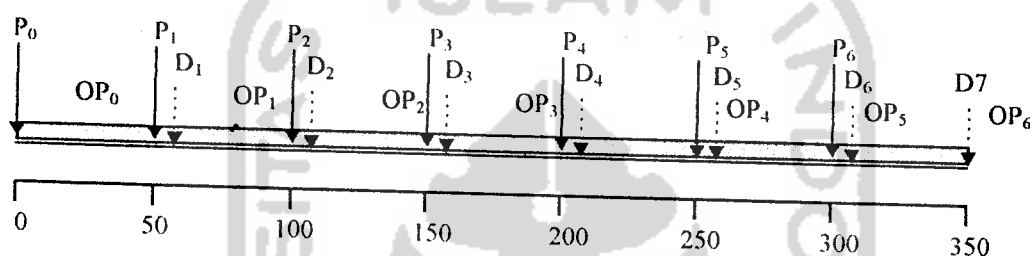
Jembatan dengan struktur atas baja komposit mempunyai nilai sisa dari harga komponen baja setelah masa fungsi jembatan berakhir sebesar Rp. 19.680.000,00. Investasi nilai sisa baja komposit dikonversikan ke nilai akan datang (future worth) dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.4 Nilai Sisa Struktur Baja Komposit

Thn	Bunga, $i=17\%$	Inflasi, $if=3\%$	Bunga Kombinasi	Nilai Sisa (P_n)	Investasi Total (F)
$n=35$	$F/P(1+i)^n$	$F/P(1+if)^n$	$ic=(1+i+if+i*if)^n$	$P_n=Po(1+ic)^n$	$P_n+(F_n-1)*(1+ic)^{35}$
0	-	-	-	-	-
35	243.503	2.814	685.1852823	21,285,516	21,285,516
70	59293.8264	7.918	469478.8711	9.9931E+12	1.99862E+13
105	14438252.7	22.281	321680012.8	6.84713E+15	2.05414E+16
140	3515764686	62.695	2.2041E+11	4.69155E+18	1.87662E+19
175	8.561E+11	176.415	1.51022E+14	3.21458E+21	1.60729E+22
210	2.0846E+14	496.408	1.03478E+17	2.20258E+24	1.32155E+25
245	5.0762E+16	1396.823	7.09016E+19	1.50918E+27	1.05642E+28
280	1.2361E+19	3930.467	4.85807E+22	1.03407E+30	8.27253E+30
315	3.0099E+21	11059.793	3.32868E+25	7.08527E+32	6.37674E+33
350	7.3291E+23	31120.737	2.28076E+28	4.85472E+35	4.85472E+36

5.4.2 Beton Prategang Pracetak

Besarnya *cash flow* untuk beton prategang pracetak selama masa fungsi jembatan 50 tahun adalah biaya awal proyek sebesar Rp. 878.722.501,00, biaya operasional dan perawatan Rp. 3.000.000,00 yang dikeluarkan setiap 5 tahun dan biaya disposisi Rp. 21.000.000,00. Aliran investasi tersebut berulang sampai 350 tahun, dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 5.6 Aliran Investasi Total Beton Prategang Pracetak

5.4.2.1 Investasi Awal Beton Prategang Pracetak

Investasi awal jembatan beton prategang pracetak dikonversikan ke nilai akan datang (*future worth*) dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.5 Aliran Investasi Awal Beton Prategang Pracetak

Thn n=35	Bunga, $i=17\%$ $F/P (1+i)^n$	Inflasi, $if=3\%$ $F/P(1+if)^n$	Bunga Kombinasi $ic=(1+i+if+i*if)^n$	Investasi Awal (P_n) $P_n=P_0(1+ic)^n$	Investasi Total (F) $P_n+(F_n-1)*(1+ic)^n$
0	-	-	-	1,188,952,147	1,188,952,147
50	243.503	2.814	11250.04663	1.33758E+13	2.67515E+13
100	624881.1204	12.336	126563549.2	1.50478E+17	4.51434E+17
150	1603579482	54.081	1.42385E+12	1.69288E+21	6.77154E+21
200	4.11513E+12	237.087	1.60183E+16	1.9045E+25	9.52252E+25
250	1.05603E+16	1039.367	1.80207E+20	2.14257E+29	1.28554E+30
300	2.71E+19	4556.488	2.02734E+24	2.41041E+33	1.68728E+34
350	6.95445E+22	19975.217	2.28076E+28		1.8982E+38

5.4.2.2 Operasional dan Perawatan

Operasional dan perawatan alternatif struktur atas dengan sistem beton prategang pracetak untuk jembatan Banmati sungai Bengawan Solo pada bentang 120 m, L = 7 m yang dikeluarkan secara *diskontinue* yaitu setiap 5 tahun sekali adalah Rp. 3.000.000,00 dengan MARR 17 % dan inflasi 3 % pertahun, sehingga biaya total operasional selama masa fungsi 50 tahun adalah:

$$F = P \sum_{n=0}^{5n} (F / P, i, n) (F / P, if, n)$$

Investasi biaya operasional dan perawatan beton prategang pracetak dikonversikan ke nilai akan datang (future worth) dengan MARR 17 % dan inflasi 3% dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.6 Aliran Investasi Operasional dan Perawatan Beton Prategang Pracetak

Thn n=35	Bunga, i=17% F/P (1+i)^n	Inflasi, if=3% F/P(1+if)^n	Bunga Kombinasi ic=(1+i+if+i*if)^n	O & P Awal (Pn) Pn=Po(1+ic)^n	Investasi Total (F) Pn+(Fn-1)*(1+ic)^35
0	-	-	-	22,381,340	22,381,340
50	243.503	2.814	11250.04663	2.51791E+11	5.03582E+11
100	624881.1204	12.336	126563549.2	2.83266E+15	8.49799E+15
150	1603579482	54.081	1.42385E+12	3.18676E+19	1.2747E+20
200	4.11513E+12	237.087	1.60183E+16	3.58512E+23	1.79256E+24
250	1.05603E+16	1039.367	1.80207E+20	4.03327E+27	2.41996E+28
300	2.71E+19	4556.488	2.02734E+24	4.53745E+31	3.17622E+32
350	6.95445E+22	19975.217	2.28076E+28		3.57326E+36

5.4.2.3 Biaya Disposisi

Biaya disposisi terjadi setelah masa fungsi jembatan berakhir 50 tahun kemudian. Investasi biaya disposisi beton prategang pracetak dikonversikan ke nilai akan datang (future worth) dengan MARR 17 % dan inflasi 3 %, dianalisis secara berulang hingga 350 tahun.

Tabel 5.7. Biaya disposisi beton pracetak

Thn n=35	Bunga, i=17% F/P (1+i)^n	Inflasi, if=3% F/P(1+if)^n	Bunga Kombinasi ic=(1+i+if+i*if)^n	Disposisi (Pn) Pn=Po(1+ic)^n	Investasi Total (F) Pn+(Fn-1)*(1+ic)^35
0	-	-	-	-	-
50	243.503	2.814	11250.0	21,000,000	21000000
100	624881.12	12.336	126563549.2	2.65783E+15	5.31567E+15
150	1603579482	54.081	1.42385E+12	2.99008E+19	8.97023E+19
200	4.1151E+12	237.087	1.60183E+16	3.36385E+23	1.34554E+24
250	1.056E+16	1039.367	1.80207E+20	3.78435E+27	1.89217E+28
300	2.71E+19	4556.488	2.02734E+24	4.25741E+31	2.55444E+32
350	6.9545E+22	19975.217	2.28076E+28	4.7896E+35	3.35272E+36

5.4.3 Investasi Total Alternatif Jembatan

Tabel 5.8. Investasi total alternatif jembatan

No.	Keterangan	Baja Komposit	Beton Pracetak
1	Biaya awal (-)	2,81574 E+38	1,89820 E+38
2	Biaya O & P (-)	1,39289 E+37	3,57325 E+36
3	Biaya disposisi (-)	4,12282 E+36	3,35272 E+36
4	Nilai sisa (+)	4,85472 E+36	-
Total Investasi		3,04481 E+38	1,96746 E+38

Investasi total. merupakan biaya keseluruhan jembatan dengan menggunakan struktur atas baja komposit dan beton pracetak. Biaya total tersebut merupakan pengeluaran selama 350 tahun yang disetarakan dengan nilai mata uang pada masa 350 tahun mendatang (*future worth*). Apabila nilai total tersebut dikonversikan ke nilai mata uang pada masa sekarang, maka besar biaya total yang dikeluarkan adalah:

1. Untuk baja komposit

$$\begin{aligned}
 P_{bk} &= \frac{F_{350}}{(1+i)^n} \\
 &= \frac{3.04481 \text{ E} + 38}{(1 + 0.2051)^{350}} \\
 &= \text{Rp } 13.349.959.230,00
 \end{aligned}$$

2. Untuk beton prategang pracetak

$$\begin{aligned}
 P_{bp} &= \frac{1.96746 \text{ E} + 38}{(1 + 0.2051)^{350}} \\
 &= \text{Rp } 8.626.320.455,00
 \end{aligned}$$

5.5 Nilai Efisiensi Ditinjau Dari Segi Waktu

Dalam merencanakan suatu proyek, waktu merupakan suatu faktor yang sangat mempengaruhi besarnya biaya yang akan dikeluarkan. Bila kita mengerjakan suatu proyek dengan waktu yang lama maka biaya yang dikeluarkanpun akan semakin besar, karena upah tukang dan harga sewa alat biasanya dihitung per-jam.

Pada sub-bab ini yang akan dibahas hanya sekitar masalah waktu pelaksanaan dari kedua alternatif. Bila suatu alternatif memiliki waktu pelaksanaan di lapangan lebih cepat, maka hal ini bisa memberikan nilai tambah bagi struktur yang sedang dipertimbangkan. Jadi tidak mempengaruhi masalah biaya.

5.4.1 Waktu Pelaksanaan Baja Komposit

Pelaksanaan struktur atas baja komposit sistem gelagar, terdiri dari 5 tahapan, yaitu merakit rangka baja serta diafragma pada perletakannya, bersamaan dengan itu dilakukan pula perakitan perancah untuk plat lantai, dilanjutkan dengan pembuatan bekisting plat lantai, penulangan lantai dan pengecoran lantai.

Tahapan tersebut tidak harus dimulai secara berurutan, karena saat mengerjakan tahapan I dapat sambil mengerjakan tahapan II dan seterusnya agar tercapai efisiensi waktu yang maksimal.

Perakitan rangka baja terdiri dari 2 tahap dan dikerjakan dari tepi jembatan yang berbeda. Setiap tahap mengerjakan 2 bentang jembatan dengan jumlah gelagar 10 buah, dan memerlukan waktu 28 hari. Jadi untuk merakit jembatan keseluruhan memerlukan waktu 56 hari. Mendirikan perancah dikerjakan bersamaan dengan perakitan rangka baja. Pembuatan bekisting dikerjakan setelah perancah untuk 1 bentang selesai dikerjakan. Setelah bekisting selesai langsung dikerjakan penulangan lantai dan sehari kemudian dilakukan pengecoran. Begitu seterusnya sampai bentang keempat.



**RENCANA WAKTU PELAKSANAAN
BAJA KOMPOSIT**

No	JENIS PEKERJAAN	Imber																					
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7
1	Erection Rangka Baja																						
2	Perancah																						
3	Bekisting																						
4	Penulangan Lantai																						
5	Cor Lantai																						

October

Project: composite steel girder bridge
Date : 2/2/99

Task

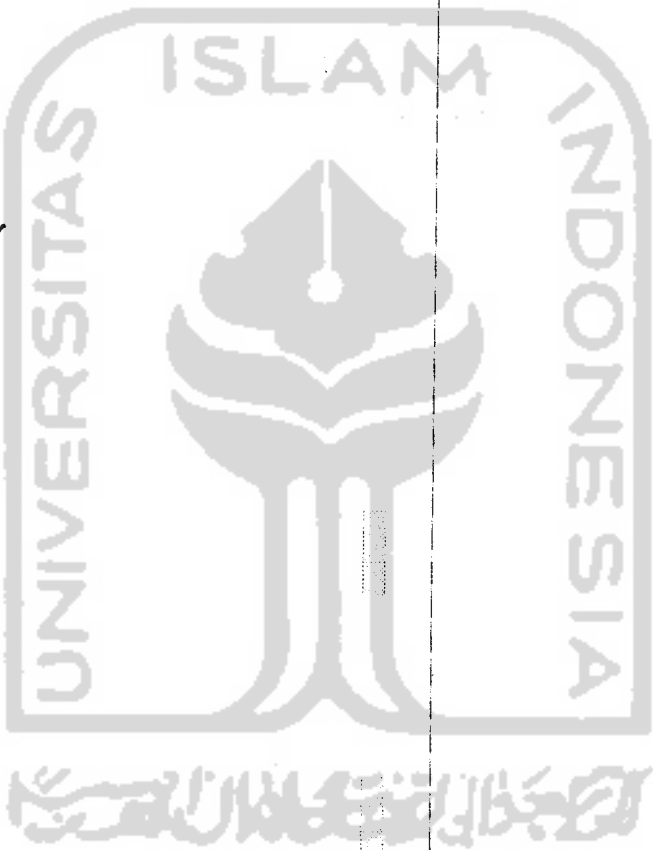
5.5.2 Waktu Pelaksanaan Beton Prategang Pracetak

Pelaksanaan struktur atas beton prategang pracetak, terdiri dari 7 tahap, yaitu:

1. pembuatan *stressing bed* sebagai alas *stressing*,
2. pekerjaan *stressing* atau penarikan kabel *strand*,
3. *erection* atau meletakkan balok pada perletakkannya di atas *abutment*,
4. *grouting* atau menginjeksi mortar ke dalam lubang tendon,
5. memasang diafragma pada titik yang telah ditentukan dan kemudian *distressing*,
6. memasang *plat deck* pada jalur yang telah dibuat di atas balok,
7. pekerjaan pengecoran plat lantai tambahan.

Sama seperti pada baja komposit, tahapan tersebutpun tidak harus dimulai secara berurutan agar tercapai efisiensi waktu yang maksimal.

Pada pekerjaan *stressing*, setiap hari dapat dikerjakan 4 gelagar. Sehingga untuk jembatan dengan 16 gelagar, *stressing* bisa diselesaikan dalam 4 hari. Pekerjaan *erection* dan *grouting* sama dengan *stressing*, 4 gelagar dalam sehari. Untuk diafragma, setiap 4 jam dipasang 4 diafragma termasuk penarikan tendonnya. Ada 72 diafragma sehingga untuk mengerjakannya diperlukan waktu 72 jam. Satu hari kerja terdiri dari 8 jam, jadi untuk mengerjakan seluruh diafragma jembatan perlu 8 hari. Sedangkan plat deck, karena pemasangannya mudah, dalam 1 jam dapat dikerjakan 4 buah plat deck. Sehingga untuk jembatan dengan 320 buah plat deck memerlukan 80 jam atau 10 hari untuk mengerjakannya.

RENCANA WAKTU PELAKSANAAN BETON PRATEGANG PRACETAK																																								
															November																									
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<div></div>																																								
Project: prestress precast concrete bridge																																								
Date : 2/2/99																																								
Task 																																								
2																																								

5.5.3 Efisiensi Waktu

Dari kedua Rencana Waktu Pelaksanaan di atas dapat dilihat perbandingan waktu pelaksanaan dari kedua alternatif. Waktu yang diperlukan :

1. Baja komposit dilaksanakan mulai tanggal 16 September sampai 6 Desember, waktu yang diperlukan adalah 84 hari dengan perhitungan bahwa Sabtu dan Minggu sebagai hari kerja.
2. Beton prategang pracetak dilaksanakan mulai tanggal 16 September sampai 9 November, waktu yang diperlukan adalah 55 hari dengan perhitungan bahwa hari Sabtu dan Minggu sebagai hari kerja.

5.6 Pemilihan Alternatif Dengan Metode Hirarki (PHA)

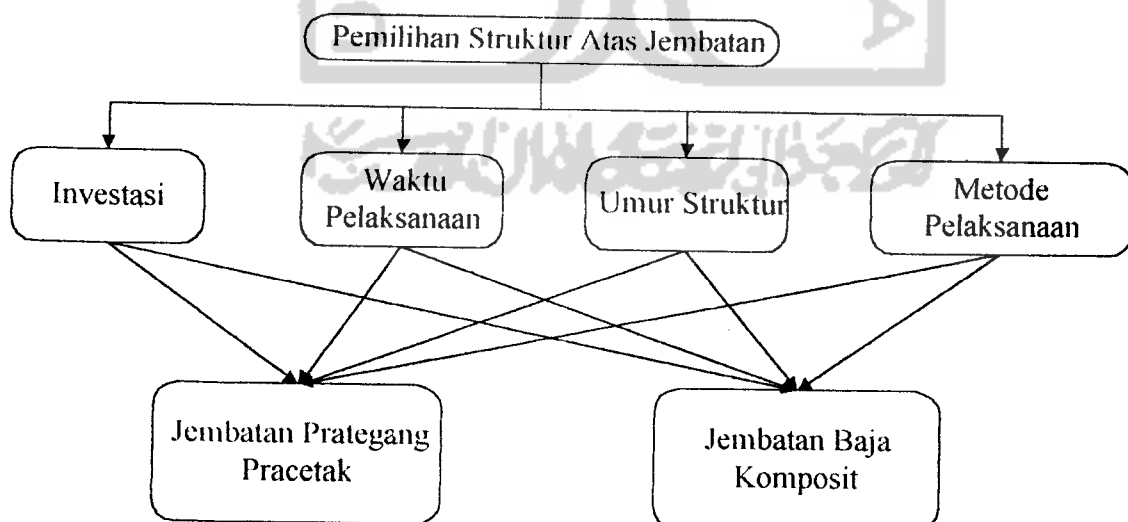
Proses hirarki merupakan salah satu metode untuk memilih alternatif. Berbeda dengan pemilihan alternatif dalam ekonomi teknik yang hanya membandingkan nilai alternatif berdasarkan harga/mata uang dan lama investasi, metode PHA dapat membandingkan nilai alternatif dari berbagai segi.

Dalam memilih dua alternatif struktur atas jembatan, kedua alternatif tersebut dibandingkan dari segi biaya, waktu pelaksanaan, umur konstruksi serta metode pelaksanaan. Sebenarnya banyak faktor lain yang dapat dijadikan perbandingan, namun karena adanya batasan-batasan, maka hanya 4 kriteria tersebut yang dibahas.

5.6.1 Diagram Struktur Hirarki

Metode hirarki yang dilakukan merupakan hirarki sederhana terdiri dari:

1. Tingkat I, disebut juga sebagai fokus. Fokus merupakan tujuan pengambilan keputusan, yaitu “Pemilihan Struktur Atas Jembatan”.
2. Tingkat II, merupakan uraian dari fokus, terdiri dari 4 kriteria, yaitu:
 - a) investasi,
 - b) waktu pelaksanaan,
 - c) umur konstruksi,
 - d) metode pelaksanaan.
3. Tingkat III, merupakan alternatif struktur atas yang akan dipilih, yaitu:
 - a) jembatan prategang pracetak,
 - b) jembatan baja komposit tipe gelagar.



Gambar 5.9 Diagram Struktur Hirarki

5.6.2 Penilaian Konsistensi

Untuk menentukan prioritas, dibuat matriks yang akan membandingkan tingkat kepentingan dari setiap kriteria secara berpasangan. Penilaian ini dibuat berdasarkan data yang didapat.

Urut-urutan perhitungan analisis PHA adalah:

1. Buat matriks A dengan nilai yang merupakan suatu taksiran prioritas relatif dari setiap kriteria.

	Biaya	Waktu	Umur	Metode
Biaya	1	2	2	3
Waktu	1/2	1	1	3/2
Umur	1/2	1	1	3/2
Metode	1/3	2/3	2/3	1
Jumlah	2,33	4,67	4,67	7

Matriks A

2. Setiap kolom pada matriks A dijumlahkan, kemudian angka pada kolom tersebut dibagi dengan jumlah masing-masing kolom, hasilnya merupakan matriks B.

	B	W	U	M	Jumlah
B	0,429	0,429	0,429	0,429	1,716
W	0,215	0,214	0,214	0,214	0,857
U	0,215	0,214	0,214	0,214	0,857
M	0,143	0,143	0,143	0,143	0,572

Matriks B

3. Jumlah setiap baris matriks B dibagi jumlah kriteria sehingga didapat matriks C yang merupakan *eigen vector*. Nilai dalam *eigen vector* ini merupakan nilai persentase setiap kriteria.

Eugen Vector
0,429
0,214
0,214
0,143

Matriks C

4. Kemudian matriks C dikalikan dengan matriks A, menghasilkan matrik D.

	B	W	U	M	Jumlah
B	0,429	0,429	0,429	0,429	1,716
W	0,214	0,214	0,214	0,214	0,857
U	0,214	0,214	0,214	0,214	0,857
M	0,143	0,143	0,143	0,143	0,572

Matriks D

5. Jumlah setiap baris pada matriks D dibagi dengan matriks C sehingga didapat matriks E yang merupakan *eugen value*, *eugen value* ini adalah nilai yang dipakai untuk menentukan konsistensi dari penilaian setiap kriteria.

Eugen Value
4,0000
4,0047
4,0047
4,0000

Matriks E

Perhitungan konsistensi:

$$CR = \frac{CI}{RV}$$

$$CI = \frac{\sigma - n}{n - 1}$$

$$\sigma = \frac{4 + 4,0047 + 4,0047 + 4}{4}$$

$$= 4,00235$$

$$n = 4$$

$$CI = \frac{4,00235 - 4}{4 - 1}$$

$$= 0,000783$$

RV untuk matriks dengan ordo (n) 4 adalah 0,9

$$CR = \frac{0,000783}{0,9}$$

$$= 0,00087 < 0,10$$

CR < 0,10 menunjukkan bahwa penilaian setiap kriteria dalam matriks perbandingan berpasangan adalah konsisten.

5.6.3 Perbandingan Alternatif

Pada sub-bab ini kelebihan setiap alternatif akan dibandingkan dalam setiap kriteria. Pemberian nilai dalam perbandingan ini berdasarkan data-data dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab-bab yang terdahulu.

Investasi	Pracetak	Komposit	Eugen Vektor
Pracetak	1	1,548	0,6074
Komposit	0,646	1	0,3926

Waktu	Pracetak	Komposit	Eugen Vektor
Pracetak	1	1,473	0,5955
Komposit	0,699	1	0,4055

Umur	Pracetak	Komposit	Eugen Vektor
Pracetak	1	1,4277	0,58804
Komposit	0,7004	1	0,41196

Metode	Pracetak	Komposit	Eugen Vektor
Pracetak	1	1,221	0,54976
Komposit	0,819	1	0,45024

Gambar 5.10 Perbandingan kedua alternatif

Dari perbandingan di atas, bisa diketahui nilai setiap alternatif untuk setiap kriteria.

	Investasi (0,429)	Waktu (0,214)	Umur (0,214)	Metode (0,143)
Pracetak	0,6074	0,5955	0,58804	0,54976
Komposit	0,3925	0,4055	0,41196	0,45024

Gambar 5.11 Nilai masing-masing alternatif dari setiap kriteria

	Investasi	Waktu	Umur	Metode	Total
Pracetak	0,2606	0,1274	0,1258	0,0786	0,5924
Komposit	0,1684	0,0868	0,0882	0,0644	0,4078

Gambar 5.12 Persentase setiap alternatif

Dari gambar 5.11 bisa kita ambil keputusan akhir dari proses pemilihan alternatif dengan menggunakan metode PHA. Keputusan ini diambil dengan melihat persentase terbesar dari kedua alternatif tersebut, yaitu:

1. Persentase beton prategang pracetak sebesar 59,24 %
2. Persentase baja komposit sebesar 40,78 %

Jadi struktur atas yang dipilih adalah jembatan dengan menggunakan struktur atas beton prategang pracetak.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Struktur atas jembatan dengan sistem beton prategang pracetak dibuat dipabrik dengan pengawasan yang ketat sehingga kualitasnya terjamin. Elemen pracetak terdiri dari gelagar, diafragma, dan plat lantai, dengan bentuk dan ukuran sesuai standar masing-masing pabrik yang membuatnya.

Dari studi banding antara struktur baja komposit dan beton prategang pracetak yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari segi biaya dan investasi yang akan ditanamkan dapat disimpulkan:
 - a) Biaya perawatan beton pracetak Rp 3.000.000,-, dikeluarkan 5 tahun sekali sampai 50 tahun sedangkan biaya perawatan jembatan baja komposit Rp 2.000.000,- setiap tahun selama 35 tahun. Sehingga disimpulkan biaya perawatan beton prategang pracetak lebih ekonomis dibanding perawatan baja komposit.
 - b) Jumlah perhitungan investasi selama 350 tahun, kemudian dikonversikan ke nilai sekarang, hasil yang didapat adalah investasi total baja komposit lebih besar dibanding investasi total untuk beton pracetak prategang.

3. Waktu pemasangan jembatan beton prategang pracetak lebih cepat dibanding waktu pelaksanaan jembatan baja komposit, yaitu jembatan beton prategang pracetak dilaksanakan 55 hari sedangkan jembatan baja komposit 84 hari.
4. Dalam analisis metode PHA ada 4 kriteria yang digunakan untuk membandingkan jembatan baja komposit dan beton prategang pracetak, yaitu biaya, umur rencana, waktu pelaksanaan dan metode pelaksanaan. Dari perhitungan disimpulkan bahwa beton prategang pracetak mendapatkan persentase lebih besar dibanding baja komposit. Hasil perhitungan tersebut adalah :

Beton prategang pracetak

biaya	55,87 %
umur	59,55 %
waktu	58,80 %
metode	54,98 %
rata-rata	57,15 %

Baja komposit

biaya	44,13 %
umur	40,55 %
waktu	41,20 %
metode	45,02 %
rata-rata	42,87 %

6.2 Saran

Pada bidang teknik sipil, banyak alternatif yang dapat digunakan untuk merencanakan suatu bangunan. Pemilihan ini harus sesuai dengan biaya proyek, waktu pelaksanaan, kualitas bahan dan lokasi proyek, sehingga proyek tersebut akan menguntungkan berbagai pihak.

Proyek jembatan Banmati Sungai Bengawan Solo dibangun dengan struktur atas baja komposit. Beton prategang pracetak dapat menjadi struktur alternatif pada proyek tersebut dengan membandingkan berbagai kriteria kemudian pemilihan

keputusan dilakukan dengan metode PIIA. Persentase yang didapat untuk beton prategang pracetak sebesar 59,24 % dan untuk baja komposit sebesar 40,78 %. Dari penelitian dan perhitungan tersebut, struktur atas jembatan beton prategang pracetak layak dipertimbangkan dalam merencanakan bangunan jembatan selanjutnya.

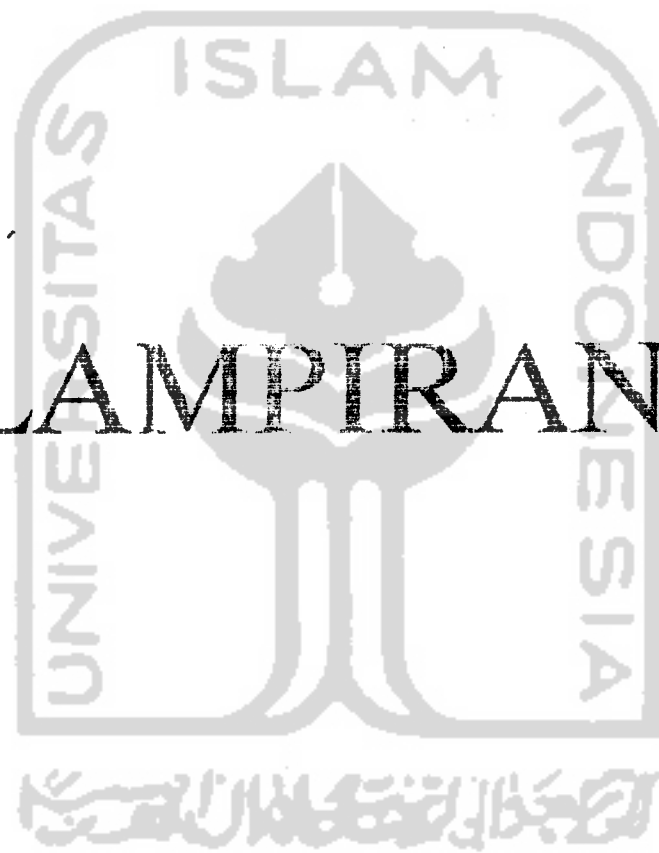
Adanya batasan masalah sehingga menjadi keterbatasan dalam penulisan, yaitu:

1. Perencanaan biaya proyek harus diperhatikan secara serius karena banyaknya resiko yang mungkin terjadi dan tidak bisa diramalkan, seperti kenaikan bunga bank, inflasi, waktu pelaksanaan proyek yang tidak sesuai dengan rencana, dan sebagainya. Resiko tersebut mempengaruhi biaya pelaksanaan proyek.
2. Nilai investasi, untuk memilih struktur atas beton prategang pracetak atau baja komposit, menggunakan horizon perencanaan 350 tahun. Perhitungan tersebut mempunyai faktor ketidakpastian yang besar seperti bencana alam, inflasi, perubahan kebijaksanaan pemerintah dan lain sebagainya.
3. Pemilihan metode pelaksanaan yang tepat ditentukan berdasarkan keadaan lapangan. Jadi metode pelaksanaan pada tulisan ini tidak bisa menjadi acuan jika pembangunan jembatan dilaksanakan pada kondisi lapangan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akbar R. Tamboli, 1997, STEEL DESIGN HANDBOOK, McGraw Hill, New York.
2. Charles G. Salmon, John E. Johnson, 1996, STRUKTUR BAJA, DISAIN & PERILAKU, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
3. I Nyoman Pujawan, 1995, EKONOMI TEKNIK, PT Guna Widya, Jakarta.
4. James R. Libby, 1984, MODERN PRESTRESSED CONCRETE, Van Nostrand Reinhold Co., USA.
5. Krishna Raju, 1981, BETON PRATEKAN, Erlangga, Jakarta.
6. Purnomo Sockirno, 1991, TIPE-TIPE JEMBATAN DAN PELAKSANAAN BANGUNAN BAWAH, Program Magister Pasca Sarjana Teknik Sipil ITB, Bandung.
7. Robert J. Kodoatic, 1997, EKONOMI TEKNIK, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
8. R.P Johnson, 1994, COMPOSITE STRUCTURES OF STEEL & CONCRETE, Blackwell Scientific Publication, Oxford.
9. Tadjuddin BMA., 1994, TESIS PENERAPAN REKAYASA NILAI PADA DESAIN JEMBATAN KAMPUS TERPADU UII YOGYAKARTA, Program Magister Pasca Sarjana Teknik Sipil Pasca Sarjana ITB, Bandung.
10. Thomas L. Saaty, 1993, PENGAMBILAN KEPUTUSAN BAGI PARA PEMIMPIN, PT Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
11. T.Y. Lin, H. Burns, 1982, DISAIN STRUKTUR BETON PRATEGANG, Erlangga, Jakarta.
12. V. K. Raina, 1994, CONCRETE BRIDGES, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.

LAMPIRAN





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	DIANA FITRI DAHLI	92 310 081		MENKON
2.	DYAH ARINTHA DEWI	92 310 166		MENKON
DENGAN JUDUL : STUDI KOMPARASI BIAYA STRUKTUR PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN BANMATI SUNGAI BENGAWAN SOLO DATI I JATENG DENGAN SISTEM BAJA KOMPOSIT DAN BETON PRATEGANG				

Dosen Pembimbing I : : IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE

Dosen Pembimbing II : : IR. H. TAJUDDIH EMA., MS

1

2

Yogyakarta, 30 APRIL 1998

An. Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,



*Doc untuk
Sipil*

IR. BAMBANG SULISTIONO, MSCE