

DESAIN JEMBATAN LEMAH GEMPAL KOTA SEMARANG DENGAN RANGKA BAJA

Design of Lemah Gempal Truss Bridge in Semarang

Shinta Sukian, Indrastono Dwi Atmanto, Ilham Nurhuda

ABSTRAK

Pembangunan Jembatan Lemah Gempal Kab. Semarang merupakan jalur alternatif yang diharapkan nantinya bisa memecah kepadatan lalu lintas di sekitar jalan Siliwangi maupun jalan Kaligarang. Pembangunan jembatan Lemah Gempal berguna juga untuk menghubungkan daerah Lemah Gempal dan sekitarnya (Semarang Selatan) dengan Simongan di Semarang Barat. Disini Penulis mencoba mendesain Jembatan lemah Gempal menggunakan rangka baja dengan bentang 80 m melintasi kali banjir kanal.

Jembatan ini terdiri dari dua bentang, masing-masing 40 m, dibatasi oleh satu pilar dan dua abutment. Jembatan dengan lebar 9 m ini terbagi menjadi 2 lajur lalu lintas 2 arah dengan masing – masing lebar lajur lalu lintas 3,5 m dan lebar masing - masing trotoar pada sisi kanan dan kiri jembatan 1 m.

**Kata Kunci : Desain Jembatan Lemah Gempal
Rangka Baja Semarang**

ABSTRACT

The construction of Lemah Gempal Bridge in Semarang is aimed at providing alternative access to reduce traffic congestion around Siliwangi street and Kaligarang street. The construction of this road is to connect lemah Gempal and Simongan area in west semarang. The writer desained Lemah Gempal steel truss bridge which spans 80 meters length accross banjir kanal river.

This bridge consists of two spans, each span has 40 meters length. The bridge has one pillar and two abutment. The width of the bridge is 9 meters and divided into 2 lane. Each lanes is 3,5 meters width. There are trotoars of 1 meter length on each side of the lane.

Keywords: Lemah Gempal's truss Bridge Design in Semarang

PENDAHULUAN

jembatan menjadi salah satu sarana transportasi yang memiliki peranan yang cukup penting dalam kelancaran pergerakan lalu lintas.

Pembangunan Jembatan Lemah Gempal Kab. Semarang merupakan jalur alternative untuk menghubungkan daerah Lemah Gempal dan sekitarnya (Semarang Selatan) dengan Simongan di Semarang Barat

Maksud dan tujuan :

1. Merencanakan suatu struktur jembatan dengan BMS 1992.
2. Memberikan tingkat pelayanan transportasi yang optimal terhadap pengguna jalan.

Lokasi Jembatan Lemah Gempal berada di antara ruas jalan Pusponjolo - Suyudono (Semarang). Lokasi Jembatan Lemah Gempal berada pada STA 0+050 s/d STA 0+67,50. Dengan batas – batas wilayah antara lain :

- | | | |
|------------|---|-------------------------|
| a. Timur | : | Jalan Suyudono |
| b. Barat | : | Jalan Pusponjolo |
| c. Utara | : | Kali Banjir Kanal Timur |
| d. Selatan | : | Kali Banjir Kanal Barat |



Gambar Memanjang Jembatan Lemah Gempal



Gambar melintang Jembatan Lemah Gempal

Sumber : Survey Lapangan

Ruang lingkup penulisan Tugas Akhir dengan judul ” *Desain Jembatan Lemah Gempal Kota Semarang dengan Rangka Baja*” meliputi :

1. Perancangan konstruksi jembatan terdiri dari :
 - a. Perancangan struktur atas jembatan dengan sistem struktur rangka baja
 - b. Perancangan struktur bawah jembatan meliputi bangunan bawah dan pondasi
2. Gambar rencana.
3. Penyusunan Rencana Kerja & Syarat.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
5. *Time Schedule* pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

STUDI PUSTAKA

Didalam suatu perencanaan jembatan terdapat beberapa aspek penunjang yang mempengaruhi tahap-tahap erencanaannya:

1. Aspek topografi
2. Aspek lalu lintas
3. Aspek Hidrologi
4. Aspek Geoteknik
5. Aspek pemilihan tipe jembatan
6. Aspek Struktural
7. Aspek Perencanaan Bangunan Atas
8. Aspek Perencanaan Bangunan Bawah
9. Aspek pendukung

1. Aspek Topografi

Topografi dapat diartikan sebagai ketinggian suatu tempat yang dihitung dari permukaan air laut sehingga dapat diketahui elevasi tanah aslinya. Supaya mendapatkan biaya pembangunan yang ekonomis maka perlu suatu standar yang disesuaikan dengan keadaan topografi bangunan tersebut

2. Aspek lalu lintas

Dalam perencanaan jembatan, lebar jembatan sangat dipengaruhi oleh arus lalu lintas yang melintasi jembatan tersebut. Biasanya diukur dengan interval waktu yang diperhitungkan terhadap Lalu lintas Harian Rata-rata/ LHR maupun dalam satuan mobil penumpang / smp (*Passenger Car Unit / PCU*). Dalam penentuan LHR / volume yang lewat jembatan Lemah Gempal

3. Aspek Hidrologi

Perhitungan keseluruhan analisa hidrologi dapat didasarkan pada masukan data curah hujan yang jatuh di DAS yang berpengaruh terhadap lokasi studi, disamping hal tersebut tentu saja beberapa kondisi lain yang dapat mempengaruhi aliran permukaan. Data hidrologi diperlukan untuk mencari nilai debit banjir rencana yang kemudian digunakan untuk mencari *clearance* jembatan dari muka air tertinggi, serta dapat pula digunakan dalam penentuan bentang ekonomis jembatan

4. Aspek Geoteknik

Aspek tanah sangat menentukan terutama dalam penentuan jenis pondasi yang digunakan, kedalaman serta dimensinya. Selain itu juga untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan tanah. Tinjauan aspek tanah pada perencanaan jembatan Lemah Gempal ini meliputi tinjauan terhadap data-data tanah yang ada seperti : sondir , boring, nilai kohesi, sudut geser tanah, γ tanah, nilai *California Bearing Ratio* (CBR), kadar air tanah dan *void ratio*, agar dapat ditentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kedalaman serta dimensinya. Selain itu data-data tanah di atas juga dapat untuk menentukan jenis perkuatan tanah dan kestabilan lereng (stabilitas tanah) guna mendukung keamanan dari struktur yang akan dibuat.

5. Aspek Pemilihan Tipe Jembatan

Dalam perencanaan jembatan hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- a. Kekuatan struktur jembatan
- b. Keamanan dan kenyamanan
- c. Faktor ekonomi/biaya
- d. Keawetan
- e. Faktor pelaksanaan
- f. Ketersediaan bahan yang ada
- g. Faktor pemeliharaan
- h. Fungsi pelayanan
- i. Estetika/keindahan

6. Aspek Struktural

Aspek struktural di sini berisi tentang perencanaan jembatan rangka baja dengan menggunakan konsep desain LRFD (*Load and Resistant Factor Design*). Desain LRFD

merupakan konsep baru dalam desain struktur, konsep desain ini pertama kali diperkenalkan di Amerika pada tahun 1986 dengan terbitnya AISC-LRFD. Di Indonesia khususnya untuk desain jembatan, konsep tersebut mulai dipakai tahun 1992 dengan ditandainya kerjasama antara Dinas Pekerjaan Umum dengan *Australian International Development Assistance Bureau* dengan keluarnya Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan atau lebih dikenal dengan nama *Bridge Management System* (BMS 1992).

7. Perencanaan Bangunan Atas

Di sini diuraikan tentang pemilihan alternatif bangunan utama jembatan, dan beberapa dasar perencanaan elemen-elemen dari bangunan atas seperti sandaran, trotoar, pelat lantai jembatan dan lain-lain

8. Perencanaan Bangunan Bawah

Bangunan bawah pada struktur jembatan seperti pangkal/ *abutment*, pilar/ *peir* dan pondasi adalah berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas serta mengadakan peralihan beban tersebut ke tanah dasar. Biasanya bangunan bawah strukturnya bisa dari beton bertulang, beton pratekan atau baja.

9. Aspek Pendukung

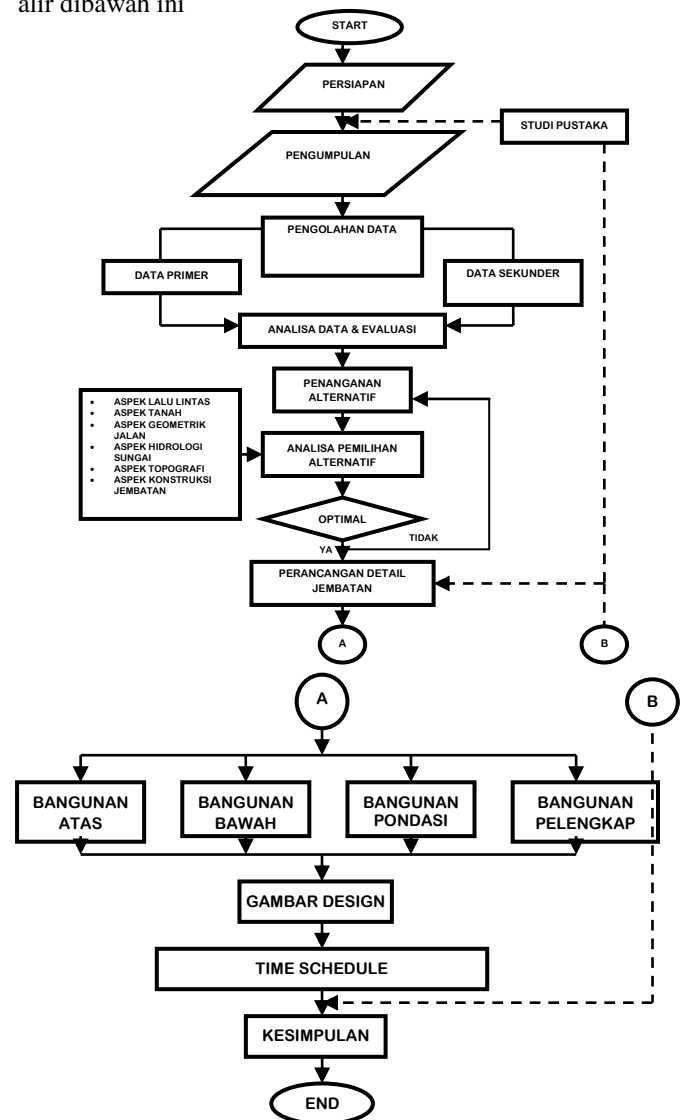
Dalam perencanaan jembatan ini, diantara aspek pendukung yang harus diperhatikan adalah pelaksanaan dan pemeliharaan yaitu:

1. Baja sangat baik digunakan untuk jembatan dengan bentang yang panjang karena kekuatan lelehnya tinggi sehingga diperoleh dimensi profil yang optimal.
2. Konstruksi baja yang digunakan merupakan hasil pabrikasi dengan standar yang telah disesuaikan dengan bentang jembatan sehingga mempercepat proses pelaksanaan dilapangan.
3. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

METODOLOGI

Pengerjaan tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari persiapan, pengumpulan data, analisis data, hingga perhitungan dengan hasil akhir berupa gambar desain dan rancangan biaya.

Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan melalui bagan alir dibawah ini



PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA ASPEK PENINJAUAN

Di dalam memilih jenis struktur jembatan, maka aspek – aspek yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Aspek lalu lintas
2. Aspek geometrik
3. Aspek hidrologi
4. Aspek mekanika tanah

1. Aspek Lalu Lintas

Dari hasil perhitungan diperoleh LHR ruas jalan DR. Sutomo sebesar 43.254,27 SMP, maka berdasarkan Klasifikasi menurut kelas jalan kelas jalan yang melintasi Jembatan Lemah Gempal

Semarang termasuk dalam klasifikasi jalan kelas I Kolektor (LHR > 10,000).

Tabel Klasifikasi menurut kelas jalan

Fungsi	LHRT (satuan SMP/2 arah/hari)	Kelas
Primer	Arteri >10.000	1
	Kolektor >10.000 < 10.000	2
Sekunder	Arteri > 20.000 < 20.000	1 2
	Kolektor > 6.000 < 6.000	2 3
	Jalan lokal > 500 < 500	3 4

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992

• Angka Pertumbuhan Lalu-Lintas

Perkiraan pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan dua macam metode yaitu :

1. Metode Eksponensial

Dari hasil perhitungan dengan metode eksponensial maka didapat angka pertumbuhan lalu lintas (i) sebesar 7.32%

2. Metode Regresi Linier

Analisis tingkat pertumbuhan lalu lintas dengan meninjau data LHR yang lalu, yaitu dari tahun 2005 sampai tahun 2008,

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode eksponensial didapat angka pertumbuhan (i) sebesar 7.32% sedangkan dengan menggunakan metode regresi linier didapat angka pertumbuhan (i) sebesar 5.67%. Hasil kedua metode di atas angka pertumbuhan (i) pertahun yang diambil adalah angka pertumbuhan terbesar yaitu 7.32%

2. Aspek Geometrik

1. Kapasitas Jalan

Direncanakan lebar lajur 3,5 meter 2/2UD. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan perkotaan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sf} \times FC_{sp} \text{ (smp/jam)}$$

Keterangan : C = Kapasitas (smp/jam)

C_o = Kapasitas dasar (smp/jam) (MKJI '97)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas (MKJI '97 tabel C-2:1 hal 5-51)

FC_{sp} = Faktor penyesuaian pemisahan arah (MKJI '97 tabel C-3:1 hal 5-52)

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping (MKJI '97 tabel C-4:1 hal 5-53)

Tipe Jalan 2 Lajur tak terbagi 2/2 UD

- Kapasitas dasar $C_o = 2900$ smp / jam
- Lebar lajur = lajur 2 * lebar lajur = 3,50 m $FC_w = 1$
- Lebar efektif bahu jalan = 0,50 m di sisi luar jalan $FC_{sf} = 0,92$
- Pemisah arah = 50/50 ($FC_{sp} = 1,00$)

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sf} \times FC_{sp}$$

$$= 2.900 \times 1,0 \times 1 \times 0,95 = 2755 \text{ smp/jam/lajur}$$

$$2 \text{ lajur} = 5510 \text{ smp/jam}$$

2. Arus Jam Rencana (QDH)

Semakin besar volume lalu lintas yang lewat, penampang jalan makin lebar agar kapasitas untuk menampung volume kendaraan tercukupi, sehingga tetap nyaman.

$$QDH = LHRT \times \text{faktor 'k'}$$

$$= 43255 \times 7 \%$$

$$= 3027,85 \text{ smp / jam}$$

Keterangan :

LHRT = Lalu Lintas Harian Rata – rata

Faktor 'k' = 7 – 8 %, untuk jalan dalam kota

(MKJI 1997 untuk jalan perkotaan)

QDH = Arus jam rencana

Derajat Kejenuhan (DS) pada Tahun Rencana (*Degree of Saturation*) Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai arus (Q) terhadap kapasitas (C), yang digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dan segmen jalan (MKJI, 1997). Nilai DS menentukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

$$DS = Q/C$$

Bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat < 0,75 maka jalan tersebut masih memenuhi (Layak), dan bila derajat kejenuhan (DS) yang didapat > 0,75 maka harus dilakukan pelebaran.

$$DS = \frac{QDH}{C}$$

$$DS = Q_{DH}/C \text{ (syarat } DS \leq 0.75)$$

$$DS = \frac{3027,85}{5510} = 0,549 < 0,75 \text{ (memenuhi)}$$

Dengan perhitungan di atas, jembatan dan jalan baru yang direncanakan hanya 1 Jalur saja, maka struktur Jembatan Lemah Gempal Kota Semarang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Jumlah lajur = 2 lajur

Lebar tiap lajur = 3,5 m

Lebar Trotoar jembatan (2) = 1 m

Lebar Sandaran jembatan (2) = 0,15 m

Lebar Jembatan total = (2 x 3,5) + (2 x 1)
= 9 m (kelas A)

Umur Rencana = 20 tahun

3. Aspek Hidrologi

Data hidrologi dibutuhkan untuk menentukan muka air tertinggi saat terjadi debit banjir.

❖ Analisis Curah Hujan

Data curah hujan yang didapat, dihitung curah hujan rencana dengan distribusi *Gumbell*. Dari data yang diperoleh dari BMKG (Badan Metereologi Klimatologi Dan Geofisika) Semarang, curah hujan bulanan diambil dari data lima tahunan yaitu dari tahun 1996 - 2000 adalah dari data curah hujan kddapat curah hujan rata-rata adalah **521**

❖ Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbell

Data yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbell ini adalah data hujan selama 5 tahun dari tahun 2005 – 2009. Debit banjir rencana ditentukan untuk periode ulang 50 tahun. Dari hasil hitungan Curah Hujan Rencana didapat **R₅₀ = 420,42 mm**

❖ Analisis Debit Banjir (Q)

Analisa debit banjir diperlukan untuk mengetahui besarnya debit banjir pada periode ulang tertentu. Periode ulang debit banjir yang direncanakan adalah 50 tahunan (Q_{Tr}=Q₅₀).

Data hidrologi sungai Banjir Kanal Barat adalah sebagai berikut:

a. Luas daerah Pengaliran Sungai (DPS), A = 20400
HA = 204 Km²

b. Panjang Sungai (L) = 80 Km = 80000 m

c. Rata- rata kemiringan dasar saluran (i) = 0,0021

d. Selisih elevasi (H) = 80000 * 0,0021 = 168 m
Kemampuan sungai menampung debit banjir :

- $R = \text{Jari - jari hidrolis} = \frac{A}{P} = \frac{75}{53} = 1,415$

- $V = \frac{1}{0,017} * 1,415^{\frac{2}{3}} * 0,0021^{\frac{1}{2}}$

$$= 3,397 \text{ m/dtk}$$

- $Q = A * V = 75 * 3,397 = 254,816 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Untuk menampung debit vbanjir rencana dibutuhkan luas penampang basah sungai :

$$A_{\text{normal}} = \left[\frac{Q_{\text{banjir}}}{V} \right] = \left[\frac{924,18}{3,397} \right] = 272,06 \text{ m}^2$$

karena lebar sungai tidak bisa dirubah, maka merubah h penampang basah :

$$h = \frac{A}{b} = \frac{272,06}{75} = 3,627 \text{ m}$$

Maka tinggi jembatan dari dasar sungai adalah h ditambah tinggi jagaan 1 m (BMS 1992) :

$$h + 1 \text{ m} = 3,627 + 1 = 4,627 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

❖ Analisa Terhadap Penggerusan Dasar Sungai

Penggerusan (*scouring*) terjadi di dasar sungai di bawah *abutment* akibat aliran sungai yang mengikis lapisan tanah dasar sungai.

- Jenis tanah dasar adalah pasir, maka berdasarkan tabel 2.8 didapatkan faktor lempung *lacey* (f) = 1,20
- Bentang jembatan (L) = ± 80 m
- Lebar alur sungai (W) = 25 m

Rumusan yang dipakai untuk menganalisis gerusan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } L > W \rightarrow d = 0,473 \times \left(\frac{Q}{f} \right)^{0,33}$$

dimana :

d = kedalaman gerusan dari muka air banjir (m)

Q = debit banjir maksimum (m³/det)

f = faktor Lempung Lacey keadaan tanah dasar

h = tinggi muka air banjir (m)

- Dari rumus *Lacey* :

$$d = 0,473 \times \left(\frac{Q}{f} \right)^{0,33} = 0,473 \times \left(\frac{254,816}{1,5} \right)^{0,33} = 2,575 \text{ m}$$

- Karena kondisi aliran sungai Kaligarang adalah aliran belok, maka kedalaman penggerusan maximum (d_{maks}) = (aliran belok) = 1,5 d (Tabel Kedalaman Penggerusan)

Tabel Kedalaman Penggerusan

No.	Kondisi Aliran	Penggerusan Maksimal
1.	Aliran Lurus	1,27 d
2.	Aliran Belok	1,50 d
3.	Aliran Belok Kanan	1,75 d
4.	Aliran Sudut Lurus	2,00 d
5.	Hidung Pilar	2,00 d

Sumber : DPU Bina Marga Provinsi Jawa Tengah

Kedalaman penggerusan yang terjadi
 $= d - h = 3,863 \text{ m} - 3,627 \text{ m} = 0,236 \text{ m}$

Jadi, karena tinggi muka air banjir yang sangat rendah maka disini kedalaman dari *scouring* tidak berpengaruh.

4. Aspek Mekanika Tanah

Penyelidikan tanah yang dilakukan dalam perencanaan Jembatan Lemah Gempal adalah sebagai berikut :

a. Penyelidikan dengan boring

Penyelidikan boring dimaksudkan untuk mengetahui komposisi tanah dasar dan nilai properties tanah dasar. Penyelidikan dilakukan dari $\pm 0.00 \text{ m}$ sampai dengan -6.00 m

- Kedalaman 0.00 – 0.75 : tanah timbunan campuran batu merah
- Kedalaman 0.75 – 2.50 : lempung kelanauan warna coklat tua
- Kedalaman 2.50 – 4.00 : Lempung kelanauan medium, sedikit butir kasar warna coklat muda.
- Kedalaman 4.00 – 6.00 : Lempung kelanauan padat, sedikit butir kasar warna coklat muda.

b. Penyelidikan dengan Sondir

Data untuk hasil sondir yang diambil adalah : Berdasarkan analisis data sondir di lapangan, maka kondisi lapisan tanah yang relatif keras (kaku) dicapai pada kedalaman 14,20 meter (S -1), dan 16,40 (S-2)

Cone Resistance (q_c) = untuk S-1 = 75 kg/cm^2 , dan S-2 = 85 kg/cm^2 (S-2)

Total Friction (F_t) = untuk S-1 = 642 kg/cm^2 dan S-2 = 1248 kg/cm^2

c. Pemilihan Jenis Pondasi

Dari data penyelidikan tanah direncanakan pada kedalaman tanah keras -15,50 m untuk pondasi abutment sesuai dengan titik sondir (S – 1), dan kedalaman 17,50 m untuk pondasi tiang pancang

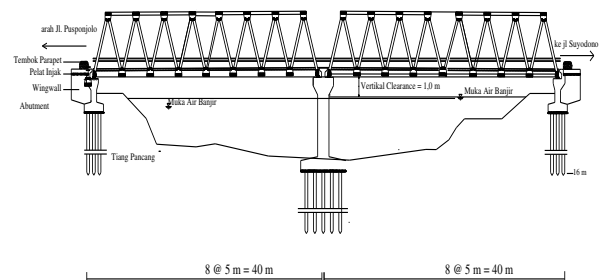
dari muka tanah setempat sesuai dengan titik sondir (S-2). Pada kondisi tanah yang memiliki letak tanah keras yang cukup dalam. Jadi alternative pilihannya yang dipakai adalah dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

PERHITUNGAN STRUKTUR

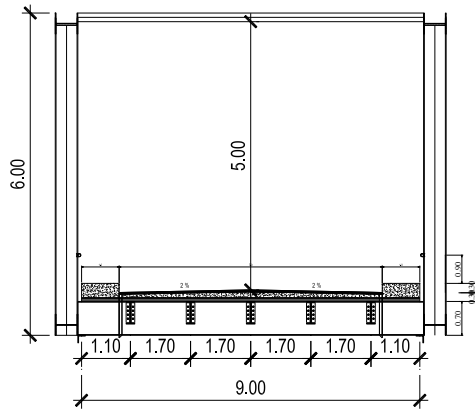
Data Teknis Perencanaan

Data-data teknis perencanaan Jembatan

- Lemah Gempal: 3,627 m
- Lokasi Jembatan = Semarang
- Fungsi jembatan = Jembatan jalan raya lintas bawah
- Kelas jembatan = Kelas A (BM 100)
- Konstruksi Jembatan = rangka baja
- Panjang jembatan = $2 \times 40 = 80 \text{ m}$
- Lebar perkerasan jembatan = $2 \times 3,5 \text{ m}$
- Lebar trotoar jembatan = $2 \times 1,0 \text{ m}$
- Lebar total jembatan = 9 m
- Metode desain = LRFD (*Load Resistance and Factor Design*)
- Struktur atas jembatan (*Upper Structure*)
 1. Struktur utama = Rangka baja *Transfield Australia*
 2. Mutu baja profil $f_y = 360 \text{ MPa}$; $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$
 3. Plat lantai dan trotoar = Beton bertulang ditumpu dek baja
- Mutu beton $f'_c = \text{K-350} = 30 \text{ MPa}$ lantai
 $f'_c = \text{K-250} = 30 \text{ MPa}$ trotoar
- Mutu tulangan $f_y = 240 \text{ MPa}$
- Mutu dek baja $f_y = 360 \text{ MPa}$
- Struktur bawah jembatan (*Sub Structure*)
 1. Pilar dan Abutment = Beton bertulang K-350
 2. Pondasi = tiang pancang beton pracetak $\varnothing 45 \text{ cm}$
 3. Wing Wall = beton bertulang K-250
- ❖ Bangunan Pelengkap = Dinding penahan tanah pasangan batu kali



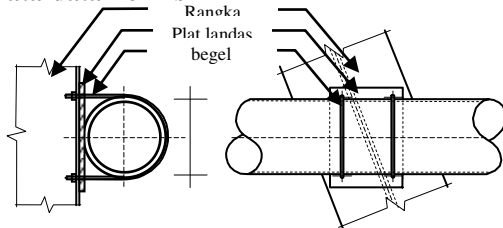
Gambar 5.1 Potongan Memanjang Jembatan



Gambar Potongan Melintang Jalan

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS Sandaran

Data-data Teknis



PERHITUNGAN LANTAI TROTOIR

Dipakai tulangan 20D10 – 125 mm ($A_s = 1570 \text{ mm}^2$)
 tulangan bagi 10Ø10 – 250 mm ($A_s = 785 \text{ mm}^2$)

PERENCANAAN PLAT LANTAI KENDARAAN

Data Perencanaan

- Direncanakan :
 - Tebal plat lantai kendaraan = 30 cm
 - Tebal lapis perkerasan = 5 cm
 - Mutu Beton (f'_c) = 30 Mpa
 - Mutu Baja / Tulangan (f_y) = 240 Mpa

Perencanaan Struktur

Data-data Teknis metal deck

MUTU METAL DECK	
f_y (Mpa)	t_{dek} (mm)
360	4,5

Penulangan Pelat Lantai dan Trotoar

Tulangan pokok:

Atas: $A_s = 449,30 \text{ mm}^2$ Dipakai: D10–125mm=628 mm^2

Bawah : $A_s = 2215,8 \text{ mm}^2$

Dipakai: Metal deck = 2215,8 mm^2 Dipakai: Ø10-125 (sebagai pengikat tul bagi)

Tulangan bagi:

Atas : $A_s = 25\% \cdot 449,30 = 112,325 \text{ mm}^2$

Dipakai Ø10 – 250 = 314 mm^2

Bawah : $A_s = 25\% \cdot 2215,8 = 554 \text{ mm}^2$

Dipakai 8D10 – 250 = 628 mm^2

Gelagar Memanjang

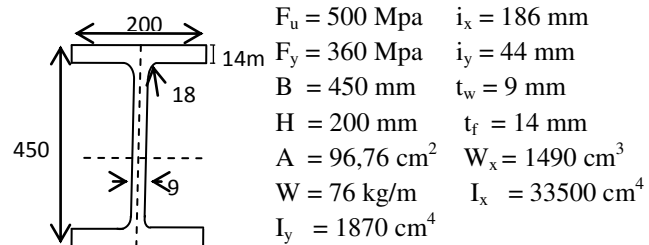
Menentukan Profil Gelagar Memanjang

$$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_s = \frac{M_{tot}}{\sigma} = \frac{3775491,4}{1600} = 2359,68 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan tabel baja digunakan Profil IWF 450.200.9.14.76 kg/m, untuk gelagar memanjang.

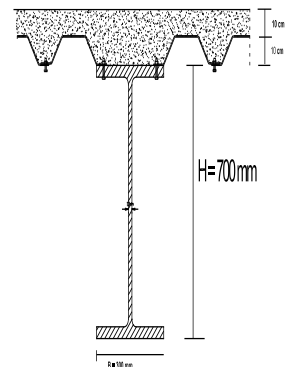
Dimana: data profil tersebut:



Gelagar Melintang

Dipilih Profil IWF 700.300.13.24-185 kg/m, dimana data profil tersebut sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 B &= 700 \text{ mm} & t_w &= 13 \text{ mm} \\
 H &= 300 \text{ mm} & t_f &= 24 \text{ mm} \\
 A &= 235,5 \text{ cm}^2 & W_x &= 5760 \text{ cm}^3 \\
 W &= 185 \text{ kg/m} & i_x &= 293 \text{ mm} \\
 I_x &= 201000 \text{ cm}^4 & i_y &= 67,8 \text{ mm} \\
 I_y &= 10800 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang

a. Material Penyambung

- Plat Penyambung = L 120.120.15 dimana $f_{up} = 520 \text{ Mpa}$

f_u Mpa	f_y Mpa	A cm ²	w mm	b mm
520	360	33,9	55	120
$I_x=I_y$ cm ⁴	$i_x=i_y$ mm	i_η mm	i_ξ mm	
446	36,3	23,4	45,6	

Baut mutu 8.8 sesuai tabel BMS'92 $F_{uf} = 830 \text{ MPa}$

Dengan data baut sebagai berikut :

$$d = 20 \text{ mm}; A_s = 245; A_c = 225; A_o = 314$$

- Syarat jarak baut :

- Tengah $2,5 \cdot d \leq S \leq 7 \cdot d \rightarrow 50 \leq S \leq 140$
diambil $S = 80 \text{ mm}$
- Tepi $1,5 \cdot d \leq S_1 \leq 3 \cdot d \rightarrow 30 \leq S \leq 60$

diambil $S_1 = 40 \text{ mm}$

Pertambatan/Ikatan Angin

Pendimensian Ikatan Angin Atas

Digunakan profil IWF 200*200*8*12,

f_u Mpa	f_y Mpa	A cm ²	W kg/m	H mm
410	360	63,53	49,9	200
B mm	t_w mm	t_f mm	i_x mm	i_y mm
200	8	12	86,2	50,2

Sambungan

Untuk profil I sambungan harus pada kedua sayapnya (jumlah minimal baut adalah 4 buah/2 per sayap).

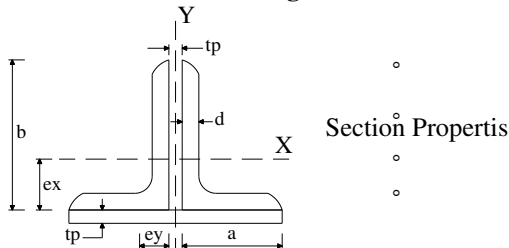
a. Material penyambung

- Plat penyambung = t_p 10 mm $f_{up} = 410 \text{ Mpa}$
- Baut mutu 4.6 = d 16 mm $f_{uf} = 830 \text{ Mpa}$
 $A_c = 144 \text{ mm}^2$ $A_s = 157 \text{ mm}^2$

b. Syarat jarak baut

- Tengah $2,5*d \leq S \leq 7*d$ 40 – 112 → 110 mm
- Tepi $1,5*d \leq S_1 \leq 3*d$ 24 – 48 → 45 mm

Pendimensian Ikatan Angin Bawah



Tabel Section Propertis Ikatan Angin Bawah

Profil L	Berat (kg/m)	Ukuran (mm)					
		a	b	d	e_x	e_y	i_n
75.100.9	11,8	75	100	9	31,5	19,1	15,9

Luas Tampang (cm ²)	t_p (mm)	Momen Inersia (cm ⁴)		Jari-jari Inersia (cm)		Momen Lawan (cm ³)	
		I_x	I_y	i_x	i_y	W_x	W_y
1510	10	148	71	3,13	2,17	21,5	12,7

Perencanaan Sambungan Pertambatan Angin

Sambungan pertambatan angin direncanakan menggunakan pelat 10 mm, dengan alat penyambung baut tipe A325 tanpa ulir dengan Ø 16 mm.

- Jarak antar sumbu baut pada arah horizontal dan vertikal (s)

$$3d \leq s \leq 15t_p$$

$$38,1 \leq s \leq 150$$

- Jarak sumbu baut terluar ke tepi bagian yang disambung (s_1)

$$1,5d \leq s_1 \leq (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$23,85 \leq s_1 \leq 140$$

Pertambatan angin bawah

a. Batang horizontal

Data teknis perencanaan jumlah baut :

- Profil digunakan IWF 400x400x18x28 mm
- Tebal pelat penyambung (δ)=10 mm
- Diameter baut (ϕ)=12,7 mm
- Kuat tarik baut (tipe A325) =825 MPa=82,5 kN/cm²
- V_u maksimum=128,775 kN
- Jumlah baut yang digunakan :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{254,21}{39,171} = 6,49 \rightarrow 8 \text{ buah}$$

b. Batang diagonal

Data teknis perencanaan jumlah baut :

- Profil digunakan $\angle 5.100.9 \text{ mm}$
- Tebal pelat penyambung (δ)=10 mm
- Diameter baut (ϕ)=12,7 mm
- Kuat tarik baut (tipe A325)=825 MPa=82,5 kN/cm²
- V_u maksimum = 75,967 kN
- Jumlah baut yang digunakan :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{75,967}{39,171} = 1,94 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

Rangka Utama

Perencanaan Struktur

Pendimensian

Digunakan profil IWF 414*405*18*28, dengan data profil :

f_u Mpa	f_y Mpa	A cm ²	W kg/m	H mm
410	360	414	232	414
B mm	t_w mm	t_f mm	i_x mm	i_y mm
405	18	28	177	102

Sambungan rangka utama dan gelagar melintang

Untuk penyambungan antara gelagar melintang dengan rangka induk menggunakan profil siku L 100x100x14 mm, yang dilas pada pelat buhul dan dibaut pada badan gelagar melintang.

- Perhitungan sambungan antara gelagar melintang dan pelat dengan menggunakan sambungan las.

Besarnya D_{max} gelagar melintang (P) = 1000,555 kN

Tebal pelat (s) = 14 mm

Tegangan ultimit las (f_{uw}) = 410 MPa = 41 kN/cm²

- Perhitungan luas bidang las

Tinggi las (a) :

$$a = s \longrightarrow a = 14 \text{ mm}$$

Tebal las (t_e) :

$$t_e = 0,707 \times a = 0,707 \times 14 = 9,898 \text{ mm} = 0,9898 \text{ cm}$$

- Sambungan antara pelat buhul dengan profil baja siku penyambung L100x100x14mm) direncanakan menggunakan alat penyambung baut mutu tinggi A325 diameter 1" (25,4 mm).

- Jarak antar sumbu baut

$$3d \leq s \leq 15t_p$$

$$76,2 \text{ mm} \leq s \leq 210 \text{ mm} \rightarrow s \text{ diambil } 80 \text{ mm}$$

- Jarak antara sumbu baut paling luar ke tepi

$$1,5d \leq s_1 \leq (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$38,1 \text{ mm} \leq s_1 \leq 200 \text{ mm} \rightarrow s_1 \text{ diambil } 40 \text{ mm}$$

menentukan jumlah baut :

$$\text{Tebal pelat } (\delta) = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter baut } (\phi) = 25,4 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tarik baut } (f_u^b) = 825 \text{ MPa} = 82,5 \text{ kN/cm}^2$$

Jumlah baut yang digunakan : 4 bh

$$n = \frac{\frac{1}{2} P}{\phi V_n} = \frac{\frac{1}{2} \times 1000,555}{156,683} = 3,19 \approx 4 \text{ buah}$$

PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

Pemilihan elastomer

A. Elastomer Bearing

❖ Pada Abutment

Jumlah *elastomer* yang dibutuhkan adalah : dimensi elastomer yang digunakan pada abutmen adalah 16 in x 18 in (40,64 cm x 45,72 cm) dengan tebal total 4,5 cm jumlah 2 bh.

❖ Pada Pilar

Dengan ukuran yang sama jumlah 4 bh

B. Seismic Buffer

❖ Pada Abutment

dimensi *seismic buffer* yang digunakan adalah 12 in x 12 in (30,48 cm x 30,48 cm) dengan tebal total 5 cm jumlah 2 bh.

❖ Pada Pilar

Dengan ukuran yang sama dengan tebal total 9 cm jumlah 4 bh.

C. Lateral Stop

Dengan perhitungan yang sama, didapat ukuran *lateral stop* 2*12 in x 12 in (30,48 cm x 30,48 cm) dengan tebal total 5 cm untuk abutment dan 9 cm untuk pilar.

Angkur

- Beban yang bekerja:

$$k_{geser} = 17 \text{ kip/in} = 2977 \text{ kN/m} \times 3 = 8931 \text{ kN/m}$$

$$\Delta = 33,6 \text{ mm} = 0,0336 \text{ m (BMS 92)}$$

$$V_f = 390,106 \text{ kN}$$

$$V_f \text{ langkur} = \frac{390,106 \text{ kN}}{4bh} = 97,527 \text{ kN}$$

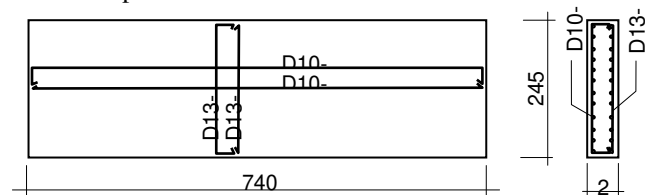
Dipakai angkur d = 24 mm

Pelat Injak

Tulangan pokok: Dipakai D13 – 200 = 664 mm²

Tulangan bagi: $A_s = 25\% \times 664 = 166 \text{ mm}^2$

Dipakai D10 – 225 = 349 mm²



Gambar penulangan Pelat Injak

Perhitungan Tiang Pondasi Abutment

Pondasi menggunakan tiang pancang dari beton dengan karakteristik sebagai berikut :

- Bahan dan Mutu Tiang Pancang

Diameter luar (d_L) : 45 cm

Diameter dalam (d_D) : 30 cm

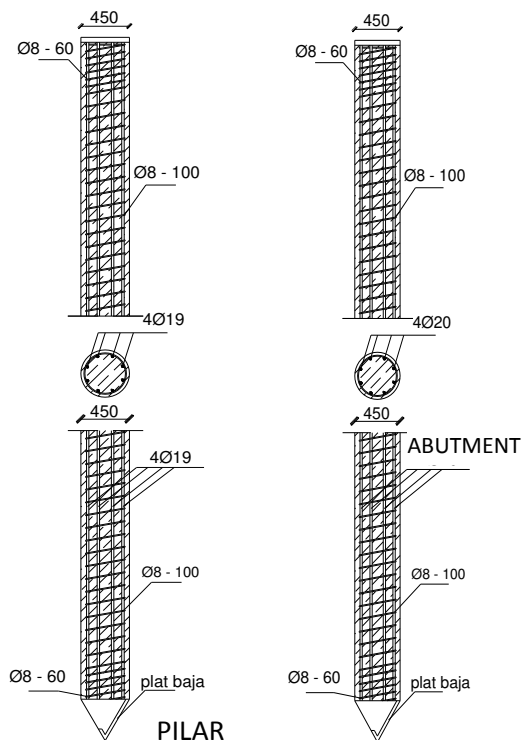
Panjang tiang (L) : 15.5 m

Luas penampang $A_L : \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_L^2 = 1589,625 \text{ cm}^2$

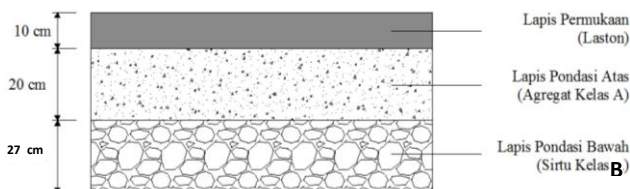
Luas penampang $A_D : \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_D^2 = 706,5 \text{ cm}^2$

Luas Total (A): $A_L - A_D = 883,125 \text{ cm}^2$

Penulangan Tiang Pancang pada Pilar & Abutment



Perencanaan Perkerasan Jalan



PENUTUP

Tugas Akhir ini berupa desain jembatan Lemah Gempal Kota Semarang dengan rangka baja teletak pada STA. 0+050 sampai dengan STA 0+167.5. Jembatan tersebut berupa jembatan jalan raya yang melewati sungai besar yaitu Sungai Banjir Kanal Barat yang berada di wilayah Semarang Barat dan berada di antara jalan Pusponjolo dan Basudewo. Sungai Banjir Kanal Barat berada di Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah.

KESIMPULAN

Dari hasil proses perencanaan Jembatan Lemah Gempal ini, dapat diambil kesimpulan:

1. Aspek lalu lintas

Setelah dilakukan analisis lalu lintas primer dan sekunder sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku data, Jalan Pusponjolo - Basudewo merupakan jalan kolektor sekunder kelas 1 dengan 2 lajur 2 arah terbagi (2/2 UD) dan beban maksimum MST 10 ton.

Dimensi lebar masing – masing bagian jalan *by pass* adalah sebagai berikut:

- Karakteristik jalan: 2 lajur 2 arah terbagi (2/2 D)
- Lebar Jalur : $2 \times 3,50$ m
- Lebar bahu jalan: $2 \times 1,0$ m
- Saluran drainase: $0,6 \times 0,6$ m²

2. Aspek Pemilihan Bentang Jembatan

Bentang balok yang dipakai untuk jembatan Lemah Gempal adalah balok dengan panjang 2×40 m. Panjang total jembatan dari abutment ke abutment 80 m.

3. Aspek Hidrologi

Debit air banjir yang mengalir pada Lemah Gempal ini 1145,36 m³/dt. Ketinggian muka air banjir rencana Kali Banjir Kanal yang melintas di bawah jembatan Lemah Gempal adalah + 5,0 m dan tinggi jagaan (*vertical clearance*) 1,0 m.

4. Aspek tanah

Berdasarkan kedalaman tanah keras yang berada pada kedalaman 14,20 m pada daerah abutment dan kedalaman 16,40 m pada pilar jembatan, maka pada perencanaan jembatan Lemah Gempal digunakan pondasi tiang pancang beton dengan diameter 450 mm pada abutment dan pilar dengan panjang 15,50 m pada abutment dan kedalaman 17,5 m pada pilar jembatan. Untuk tiang pancang pada masing-masing abutment berjumlah 24 tiang dan pada pilar berjumlah 35 tiang.

5. Pemilihan struktur jembatan

Struktur jembatan dirancang dengan pilihan konstruksi sebagai berikut :

- Konstruksi atas
Konstruksi atas menggunakan struktur rangka baja.
Penggunaan baja untuk konstruksi atas jembatan :
 - Rangka utama: IWF 400x400x18x28
 - Gelagar melintang: IWF 700x300x13x24
 - Gelagar memanjang: IWF 450x200x9x14

- Pertambahan angin atas: IWF 200x200x8x12
 - Pertambahan angin bawah: IWF 2x75x100x9
 - Dek baja: tinggi rusuk 10 cm
 - Baut dan mur: mutu *grade* A.325 dan A.490
 - *Shear connector (stud)*: $\varnothing$ 16 mm, $H_s = 120$ mm
- b) Konstruksi bawah
Konstruksi bawah menggunakan 2 buah abutment bentuk pangkal tembok *kontraport*, untuk pilar menggunakan jenis pilar dengan 2 kolom dan untuk pondasi menggunakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang berdiameter 450 mm dengan panjang 15,5 m pada abutment dan 17,5 m pada pilar jembatan. Untuk tiang pancang pada masing-masing abutment berjumlah 24 tiang dan pada pilar berjumlah 35 tiang.
- c) Konstruksi bangunan pelengkap jembatan
Bangunan pelengkap pada Jembatan Lemah Gempal ini terdiri dari pelat injak dan *wingwall*. Pelat injak direncanakan memiliki dimensi 2,5 m x 7,40 m² dan tebal 0,2 m. *Wingwall* direncanakan memiliki dimensi 2,5 m x 6,490 m dan tebal 0,25 m berada pada sebelah kanan dan kiri abutment.
- d) Perkerasan jalan pendekat (oprit) jembatan
Struktur lapis perkerasan pada jalan pendekat (oprit) ini menggunakan perkerasan laston MS 744 tebal 10 cm, lapis pondasi batu pecah kelas A tebal 20 cm, dan lapis pondasi sirtu kelas B tebal 27 cm.

SARAN

1. Perencanaan jembatan bentang panjang perlu dipertimbangkan aspek kekuatan, keawetan struktur, kemudahan pelaksanaan dan pemeliharaan. Agar jembatan yang direncanakan tersebut efisien.
2. Dalam perencanaan maupun pelaksanaan harus dipilih komposisi mutu yang tepat pada setiap elemen strukturnya. Pengujian dan pengawasan mutu di laboratorium dan di lapangan perlu dilakukan agar sesuai spesifikasi yang ditentukan.
3. Dalam pemilihan profil baja untuk konstruksi jembatan, digunakan profil baja seefisien mungkin. Dari aspek kekuatan struktur terpenuhi. Pemilihan profil yang berlebihan (terlalu besar), meskipun dari aspek keamanan terpenuhi namun dari aspek ekonomi kurang efisien (terlalu boros).

Jika letak tanah keras sangat dalam (> 40 m), daya dukung pondasi dalam (tiang pancang beton) direncanakan menggunakan daya lekat tanah (friction) untuk menghindari pemancangan yang terlalu dalam. Karena tiang pancang dapat mengalami retak, miring, dan patah pada saat pelaksanaan pemancangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI-1.3.28.1987*. 1987. Yayasan Penerbit PU.
- Bridge Design Manual Section 2 Selection and Design of Superstructure, Substructure and Foundation*, Dinas Pekerjaan Umum dan Direktorat Jenderal Bina Marga Republik Indonesia, 1992.
- Udiyanto, Ir., *Menghitung Beton Bertulang*. 1999. Semarang : BPPS HMSFT Undip.
- Pudjianto, Bambang dkk. *Buku Ajar Perencanaan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, Semarang, 2009.
- Indarto, Himawan. *Buku Ajar Rekayasa Gempa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP*, Semarang, 2009.
- Lab Komputerisasi Teknik Sipil Undip, *Analisis Struktur SAP 2000*, Semarang, 2008.
- Teguh Setiawan. *Tugas Akhir Perencanaan Strukur Jembatan Rangka Baja Kali Tuntang, Gubug dengan Metode LRFD*, Semarang 2011
- Setiawan, Agus. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. 2008. Jakarta: Erlangga
- W.C. Vis, Ir., Gideon H. Kusuma, Ir, M. Eng. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. 1993. Jakarta: Erlangga
- W.C. Vis, Ir., Gideon H. Kusuma, Ir, M. Eng. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. 1993. Jakarta : Erlangga .
- Sukirman, silvia. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. 1999. Bandung: Nova.
- Departemen Pekerjaan Umum. *Manual Kapasitas Jalan Undonesia (MKJI)*. 1997.
- Rudy Gunawan, Ir & Morisco, Ir, *Tabel Profil Konstruksi Baja Kanisius*, 1987.