

**ANALISA MOMEN SEKUNDER
PADA SAMBUNGAN RANGKA BAJA DI TITIK BUHUL
PADA JEMBATAN CIPETIR TASIKMALAYA**

Saepurohman

Fakultas Teknik Sipil Universitas Tama Jagakarsa

ABSTRAK

Sistem dan model konstruksi sambungan adalah bagian yang terpenting pada perencanaan konstruksi baja, dimana sambungan yang merupakan titik buhul yang menghubungkan beberapa batang menjadi sebuah rangka. Sambungan tersebut akan menyalurkan gaya-gaya yang dipikul oleh batangnya satu dengan batang yang lain sehingga seluruh rangka batang akan memikul perlakuan gaya sesuai dengan perilaku batang masing-masing. Penyusunan tugas akhir ini merupakan penganalisaan besarnya momen yang terjadi akibat adanya perbedaan titik berat karena penambahan pelat perkuatan pada sambungan dari setiap batang. Penjabaran ini dimulai dengan perhitungan gaya-gaya batang akibat beban yang ada sampai pada pendimensian. Dari dimensi ini diperoleh besarnya eksentrisitas yang terjadi pada setiap batang sehingga momen sekunder yang terjadi pada setiap sambungan akan diketahui.

Kata kunci: Baja, gaya batang, profil rangka, plat, momen sekunder

ABSTRACT

System and model construction are the most important connections in steel construction planning, where connection is that the point gusset connecting several rods into a frame. The connection will menyalurkan styles carried by batangnya one with another rod so that the entire truss will bear style treatment in accordance with the behavior of each rod. Preparation of this thesis is analyzing the magnitude of the moment that occurs due to differences in gravity due to the addition of reinforcement plates at the connection of each rod. This description begins with the calculation of the forces stalks due to the existing load up on pendimensian.

Keywords: *steel, rod style, profile frame, plate, secondary moment*

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pengertian jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan seperti danau, lembah, jurang, saluran irigasi, jalan kereta api dan sebagainya. Jenis jembatan berdasarkan lokasi, bahan dan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan yang pesat sejalan dengan kemajuan ilmu Pengetahuan dan Teknologi.

Di Kecamatan Salawu sendiri terdapat sungai yang memisahkan antara dua jalan yang terputus yaitu sungai Cipetir. Dari segi kebutuhan terhadap jalan sangat berpengaruh karena jalan sebagai satu faktor yang berpengaruh terhadap ekonomi membuat jembatan itu sendiri sangat diperlukan sebagai penyambung jalan.

Sistem dan model konstruksi sambungan adalah bagai yang penting pada perencanaan konstruksi baja, dimana sambungan menghubungkan beberapa batang menjadi sebuah rangka batang. Sambungan tersebut akan menyalurkan gaya gaya yang dipikul

oleh batang yang satu dengan batang yang lain sehingga seluruh rangka batang akan memikul perlakuan gaya sesuai dengan perilaku batang masing masing.

Kegagalan dari suatu struktur baja tergantung kepada perilaku sambungan dalam menyalurkan gaya yang bekerja dari suatu batang ke batang lainnya yang cukup kompleks. Seperti yang kita ketahui bahwa dalam dalam konstruksi baja beberapa alat penyambung, yaitu : baut (baut skrup hitam), *high strength bolt* (baut mutu tinggi), las dan paku keling.

Suatu rangka batang yang direncanakan harus mampu menahan momen primer dan momen sekunder. Momen primer ditimbulkan oleh adanya beban *transversal* (beban merata dan beban terpusat) dan gaya aksial, sedangkan momen sekunder diakibatkan oleh pemasangan alat sambung baut yang tidak berada dalam satu garis kerja batang yang menyebabkan adanya eksentrisitas.

Momen sekunder ini biasanya terjadi pada sambungan titik simpul dari batang-batang tepi suatu rangka batang yang tidak sama ukuran penampangnya atau akibat garis kerja

gaya pada masing masing profil pada sambungan tidak pada satu garis lurus.

2. Rumusan Masalah

Untuk menjawab permasalahan tersebut diatas, penulis menggunakan beberapa cara pendekatan yaitu :

- a. Menyadur teori dari berbagai sumber/literatur
- b. Menghitung gaya batang dengan kesetimbangan titik buhul
- c. Perencanaan dimensi profil rangka batang
- d. Menghitung besarnya momen sekunder pada tiap buhul

3. Tujuan Penulisan

Pada pekerjaann desain suatu bangunan rangka batang, momen sekunder pada sambungan sering tidak diperhitungkan meskipun sambungan memberikan tambahan momen. Untuk itu akan dilakukan pengkajian besarnya momen yang terjadi pada sambungan rangka batang akibat pemasangan alat sambung baut yan tidak berada pada garis kerja gaya yang lebih mendekati pada keadaan sebenarnya.

4. Batasan masalah

Supaya pengkajian ini mengarah kepada tujuan yang relevan dengan

judul tulisan, maka perlu dibatasi ruang lingkup pembahasannya.

Batasan-batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Merencanakan profil batang untuk batang atas khususnya pada batang yang akan di hitung momen sekundernya.
- b. Diameter dan banyaknya baut
- c. Hanya menganalisa momen sekunder pada titik buhul D', E', dan F' pada rangka batang atas yang garis kerjanya tidak berada pada garis lurus.
- d. Jenis tumpuan jembatan adalah sendi rol dan gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu batang
- e. Pembebanan menggunakan beban terpusat P sebesar 12 ton
- f. Analisa tidak termasuk perhitungan beban hidup dan beban mati.
- e. Menghitung momen sekunder yang terjadi.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Umum

Baja adalah suatu bahan yang mempunyai homogenitas yang tinggi yang merupakan hasil campuran dari besi yaitu Karbon (1,70%), manganese (1,65%), silikon (0,60%) dan

tembaga (0,60%). Karbon dan manganese adalah bahan pokok untuk meninggikan tegangan (strength) dari baja murni. Baja dikatagorikan berdasarkan meterial, ialah dari *Ingot Iron* (baja bongkah) tanpa karbon sama sekali, sampai *Cast Iron* (baja tuang) yang mempunyai karbon sekurang-kurangnya 1.70%.

Baja ini dibagi menjadi 4 kategori (berdasarkan karbon yang dikandung)

:

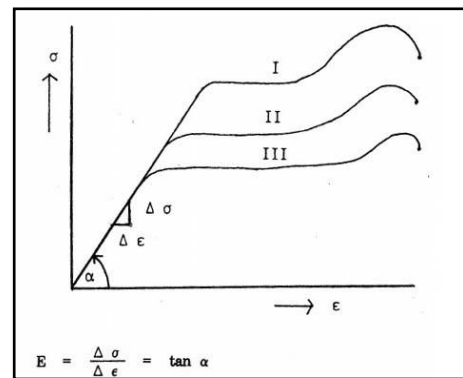
- a. *Low Carbon* (mengandung karbon kurang dari 0,15%)
- b. *Mild Carbon* (mengandung karbon 0,15% - 0,29%)
- c. *Medium Carbon* (mengandung karbon 0,30% - 0,59%)
- d. *High Carbon* (mengandung karbon 0,60% - 1,70%)

Baja karbon untuk konstruksi (*Structural Carbon Steel*) adalah termasuk kategori *Mild Carbon*. (Ir.Oentoeng, *Konstruksi Baja, Pengenalan Bahan Baja*, Edisi ke 1, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 1999, Hal 2).

Untuk menjamin daktilitas minimum dari baja, maka persentase maksimum dari komposisi ini perlu dibatasi. Nilai modulus elastis dari bermacam-macam baja bangunan

adalah sama, yang berbeda adalah batas lelehnya. Modulus elastis ini diperoleh dari sudut kemiringan grafik tegangan-regangan. Hal ini ditunjukkan pada grafik dibawah ini berdasarkan hasil percobaan tarik dari jenis mutu baja.

Dari grafik tegangan regangan tersebut di bawah, modulus elastisitas baja I, II, III sama besarnya walaupun batas leleh berbeda.



Gambar 2.1. Grafik tegangan regangan

Sumber : PPBBI cetakan kedua Mei 1984 , sifat sifat bahan

Sama halnya dengan Modulus Geser (G), maka angka Pisson (μ) dan angka linier bermacam-macam baja juga sama besarnya.

$$G = \frac{\Delta \tau}{\Delta \epsilon} \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu = \frac{\sigma}{\sigma_t}$$

$$\alpha_t = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana :

G = Modulus geser

τ = Tegangan

ε = Regangan

μ = Angka poisson

μ = Angka poisson

σ = Tegangan pada arah tegak lurus gaya yang bekerja

$\sigma_{,,}$ = Tegangan pada arah sejajar gaya yang bekerja

α_t = Angka muai linier

ΔL = Perubahan panjang akibat perubahan panas $1^\circ C$

L_o = Panjang batang baja semula sebelum dopanaskan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan untuk baja bangunan jembatan diperoleh nilai konstanta sebagai berikut :

Modulus Elastis: $E = 2,10 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Modulus Geser: $G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Angka Poisson (μ) : $\mu = 0.30$

Koef Muai Linier : $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} / ^\circ C$.

(Buku, *tentang peraturan PBBI* , tahun 1983 Pasal 15.1)

2. Alat Sambung

Pada struktur baja, sambungan berfungsi untuk menggabungkan profil-profill *wals* (giling) menjadi batang, kolom, balok dan bagian-bagian konstruksi lainnya serta

menggabungkan bagian-bagian konstruksi tersebut menjadi satu kesatuan bangun. Sambungan ini harus mampu menyalurkan gaya-gaya yang bekerja dari satu komponen ke komponen lainnya.

Karena sambungan berperan menyalurkan gaya ke komponen yang lain, maka sambungan tersebut haruslah dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan suatu sambungan yang aman, ekonomis dan mampu dibuat secara praktis.

Kriteria dasar yang umum dalam perencanaan sambungan, antara lain:

a. Kekuatan (*strength*)

Dari segi kekuatan, sambungan harus dapat menahan momen, gaya geser, gaya aksial yang dipindahkan dari batang yang satu ke batang yang lain.

b. Kekakuan (*stiffness*)

Kekakuan sambungan secara menyeluruh sangatlah penting, antara lain untuk menjaga lokasi semua komponen struktur satu sama yang lain.

c. Cukup Ekonomis

Sambungan harus sederhana, biaya pabrikan yang murah tapi memenuhi syarat cukup kuat dan

mudah dalam pelaksanaannya atau praktis.

2.1 Baut

a. Baut kekuatan tinggi

Baut yang banyak digunakan dan ditunjuk ASTM (American Standart Testing Of Materials) sebagai jenis utama baut kekuatan tinggi adalah baut A325 dan A490. Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antara $\frac{1}{2}$ inci dan $1 \frac{1}{2}$ inci. Diameter yang paling sering digunakan pada konstruksi gedung adalah $\frac{3}{4}$ inci dan $\frac{7}{8}$ inci, sedangkan ukuran yang paling umum dalam perencanaan jembatan adalah $\frac{7}{8}$ inci dan 1 inci.

2.2 Paku keling (*river*)

Sudah sejak lama paku keling diterima dan digunakan secara lazim sebagai alat penyambung batang, tetapi, beberapa tahun kebelakangan ini paku keling sudah jarang digunakan. Paku keling dibuat dari baja batangan dan memiliki bentuk silinder dengan kepala di salah satu ujungnya. Paku keling terbuat dari baja karbon sedang dengan identifikasi ASTM A502 yang terdiri dari dua mutu yaitu 1 ($F_y =$

28 Ksi atau 190 Mpa) dan mutu 2 ($F_y = 38$ Ksi atau 260 Mpa). Pembuatan dan pemasangan paku keling menimbulkan perubahann sifat mekanis.

2.3 Las (*welded*)

Pengelasan adalah penyambungan potongan potongan logam dengan memanaskan titik-titik sentuh hingga mencapai keadaan fluida aatau keadaan hampir fluida dan dengan atau tanpa pemakaian tekanan.

Proses pengelasan yang paling cenderung digunakan :

- a. Pengelasan busur nyala logam perisai
- b. Pengelasan busur nyala logam perisai gas
- c. Pengelasan busur api redam
- d. Pengelasan terak listrik.

3. Sambungan

Menurut kekakuannya, sambungan dapat dibagi atas :

- a. Sambungan difinitif, berarti tidak dapat dibuka lagi tanpa merusak alat-alat penyambung.
- b. Sambungan tetap, berarti bagian yang disambungan tidak dapat bergerak lagi.

- c. Sambungan sementara, berarti dapat dibuka lagi tanpa merusak alat-alat penyambung.
- d. Sambungan bergerak, berarti sambungan ini memungkinkan pergerakan yang dibutuhkan menurut perhitungan statis pada bagian-bagian yang disambung.

METODOLOGI DAN ANALISA PERENCANAAN

1. Lokasi

Jembatan rangka baja yang akan dianalisa oleh penyusun adalah jembatan rangka baja di daerah Cipetir kecamatan Salawu Kabupaten Tasikmalaya Jawa barat Indonesia, Jembatan ini adalah jembatan rangka baja yang berdiri cukup lama, dilihat dari penggunaan material profilnya yang masih menggunakan profil kanal ganda dengan ukuran 150 x 75 mm.

2. Data yang diperlukan

Untuk menganalisa momen sekunder pada sambungan buhul jembatan rangka baja yang ada di perbatasan Desa Tanjungsari dan Desa Kawungsari, kecamatan [Salawu](#), kabupaten [Tasikmalaya](#), Jawa Barat diperlukan data awal jembatan yang

digunakan sebagai patokan desain. Data-data tersebut antara lain: panjang jembatan, tinggi jembatan dan lebar jembatan.

3. Metodologi

Untuk menganalisa momen sekunder pada sambungan di titik buhul jembatan diawali dengan pengambilan data awal jembatan. Pengambilan data ini dilakukan dengan menggambar kembali desain rangka batang jembatan awal yang sudah ada. panjang jembatan dan tinggi jembatan yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan analisa momen sekunder pada titik buhul. selanjutnya tahapan-tahapannya sebagai berikut :

4. Pembuatan gambar kerja

Bertujuan untuk melihat gambar rangka jembatan. Gambar yang dihasilkan dari tahap ini masih menggunakan ukuran sesungguhnya karena untuk perhitungan selanjutnya.

5. Perhitungan gaya batang

Bertujuan mengetahui gaya-gaya yang terjadi di setiap tangka batang.

6. Perencanaan Dimensi profil Rangka Batang

Bertujuan untuk merencanakan dimensi profil rangka baja yang

digunakan dalam setiap batang.

a. Perhitungan pendekatan

Taksir tegangan kritis

$$(F_{cr}) 80 \% F_{cr} = \frac{P}{75\% \cdot \bar{\sigma}} = \frac{P}{0,6 \cdot \bar{\sigma}}$$

Jika menggunakan kanal ganda, maka tegangan diatas dibagi dua untuk Pendimensian profil. Nilai Fcr ini dicoba dengan profil tertentu yang ada pada tabel profil dengan ketentuan :

$$I_{\min (\text{ada})} \geq I_{\min (\text{perlu})}$$

b. Kontrol lenturan terhadap sumbu X

c. Kontrol lenturan terhadap sumbu Y

7. Perhitungan momen sekunder

bertujuan untuk mengetahui momen sekunder pada setiap buhul rangka batang yang ada pada jembatan rangka baja.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Gaya Batang

Gaya-gaya yang terjadi dihitung dengan kesetimbangan titik buhul (lihat tabel dibawah).

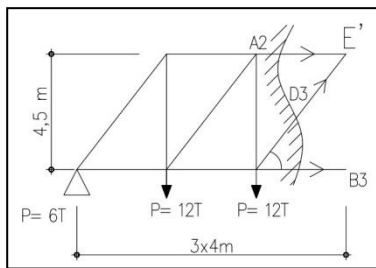
Tabel 4.1 Daftar gaya-gaya batang dengan kesetimbangan titik buhul :

Batang	L_k (cm)	Tarik (kg)	Tekan (kg)
A ₁	400		48000
A ₂	400		85330
A ₃	400		112000

A ₄	400		128000
A ₅	400		128000
A ₆	400		112000
A ₇	400		85330
A ₈	400		48000
B ₁	400	48000	
B ₂	400	56890	
B ₃	400	112000	
B ₄	400	128000	
B ₅	400	133300	
B ₆	400	133300	
B ₇	400	128000	
B ₈	400	112000	
B ₉		85330	
B ₁₀	400	48000	
V ₁	450	54000	
V ₂	450	42000	
V ₃	450	30000	
V ₄	450	18000	
V ₅	450	6000	
V ₆	450	18000	
V ₇	450	30000	
V ₈	450	42000	
V ₉	450	54000	
D ₁	602,08		72289
D ₂	602,08		56224
D ₃	602,08		40160
D ₄	602,08		24096
D ₅	602,08		8032
D ₆	602,08		8032

D ₇	602,08		24096
D ₈	602,08		40160
D ₉	602,08		56224
D ₁₀	602,08		72289

Kontrol dengan ritter :



Gambar 4.2 Rangka baja

$$\sum M_{E'} = 0$$

$$54.12 - 12.8 - 12.4 - B_3 \cdot 4,5 = 0$$

$$648 - 96 - 48 - B_3 \cdot 4,5 = 0$$

$$504 - B_3 \cdot 4,5 = 0$$

$$B_3 = \frac{504}{4,5}$$

$$B_3 = 112,00 \text{ T}$$

Hasil gaya batang dengan kesetimbangan titik buhul sama dengan metode ritter.

Ternyata besarnya gaya batang B₃ dengan metode Ritter sama dengan gaya batang kesetimbangan titik buhul.

2. Perencanaan Dimensi Profil Rangka Batang

Satu buah titik buhul merupakan sepasang pelat dengan perkuatan sedemikian rupa, artinya jarak kedua pelat adalah tetap. Melihat besar gaya-gaya batang yang mempunyai selisih kecil, maka mengelompokkan gaya-gaya dibuat untuk pendimensian profil.

Direncanakan dengan menggunakan profil kanal ganda.

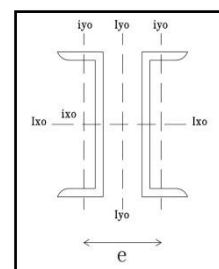
Taksir tegangan kritis (F_{cr}) dengan menggunakan persamaan

$$80\% F_{cr} = \frac{P}{75\% \cdot \bar{\sigma}} \quad F_{cr} = \frac{54000}{0,6 \cdot 1867}$$

$$F_{cr} = 48,21 \text{ cm}^2$$

Maka untuk 1 profil $F_{cr} = 24,10 \text{ cm}^2$

Coba Profil $\square 150$



Gambar 4.3.

Penampang Profil baja $\square 150$

Tabel kontrol batang rangka baja

Batang	Beban P (kg)	Kontrol Profil di sumbu X (kg)	Kontrol Profil di sumbu Y (kg)

A ₁ , A ₈ , B ₁ , B ₁₀	54000	59022,25	76754,44
A ₂ , A ₇ , B ₂ , B ₇	85330	88788	86547,58
A ₃ , A ₆ , B ₃ , B ₈	112000	120342,183	118027,91
A ₄ , A ₅ , B ₄ , B ₅ , B ₆ , B ₇	128000	135961	133347

Table penambahan pelat perkuat

Batang	Pelat perkuat (mm)
A ₁ , A ₈ , B ₁ , B ₁₀	60 x 1200
A ₂ , A ₇ , B ₂ , B ₇	100x1200
A ₃ , A ₆ , B ₃ , B ₈	160x1200
A ₄ , A ₅ , B ₄ , B ₅ , B ₆ , B ₇	200x1200

Maka profil □150 tidak mampu memikul gaya batang, Karena batang tidak mampu memikul P, maka ditambah pelat kopel dengan tebal mm

3. Perhitungan Momen Sekunder

Perlu dibatasi penghitungan momen, yaitu hanya pada batang atas saja. Pada buhul D', E', dan F.

Tabel banyaknya baut pada tiap-tiap batang

Nama Buhul	Batang	Jumlah Baut (buah)
D	A1	10
	A2	10
E	A2	10
	A3	8
F	A3	8
	A4	6

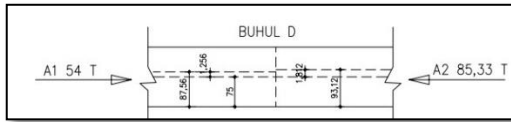
Tabel tegangan baut pada setiap batang yang paling berbahaya

Buhul	R	Cek Geser	Cek Desak	
D	A1	3470,97	913, 58	2253,88
	A2	3801,40	1000,53	2468,44
E	A2	3801,40	1000,53	2468,44
	A3	3108,06	818,182	2018,22
F	A3	3108,06	818,182	2018,22
	A4	3554,00	935,41	753,84

Kesimpulan: Momen sekunder yang terjadi pada sambungan tidak dapat dipikul oleh baut sebelumnya. Maka perlu ditambah diameter baut menjadi

22 mm yang sebelumnya direncanakan diameter baut 19 mm.

a. Momen sekunder pada buhul D



Gambar 4.19

Garis kerja di titik buhul D

Garis pengaruh untuk buhul D adalah

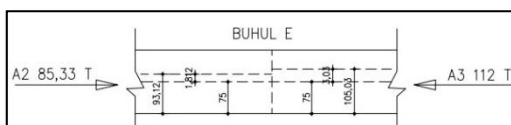
$$e1 = 1,26 \text{ cm}$$

$$e2 = 1,81 \text{ cm}$$

Perhitungan Momen Sekunder Pada Buhul D

$$M_s = \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 54 T \cdot 1,26 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 85,33 T \cdot 1,81 \right) \right] \frac{1}{2} = 55,62 Tcm$$

b. Momen sekunder pada buhul E



Gambar 4.22

Garis kerja di titik buhul E

Garis pengaruh untuk buhul E adalah

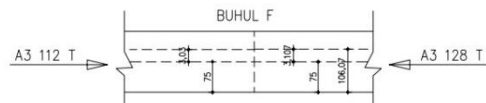
$$e1 = 1,81 \text{ cm}$$

$$e2 = 3,03 \text{ cm}$$

Perhitungan Momen Sekunder Pada Buhul E

$$M_s = \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 85,33 T \cdot 1,8 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 112 T \cdot 3,03 \right) \right] \frac{1}{2} = 123,24 Tcm$$

c. Momen sekunder pada buhul F



Gambar 4.23

Garis kerja di titik buhul F

Garis pengaruh untuk buhul E adalah

$$e1 = 3,00 \text{ cm}$$

$$e2 = 3,11 \text{ cm}$$

$$M_s = \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 112 T \cdot 3,00 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot 128 T \cdot 3,11 \right) \right] \frac{1}{2} = 206,85 Tcm$$

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil analisa pembahasan momen sekunder pada sambungan buhul pada rangka baja, ada beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh antara lain sebagai berikut :

- a. Profil yang digunakan untuk batang atas adalah profil kanal

- ganda Chanel Steel 150 x 75 x 5x 6,5
- b. Pada buhul D' dan J' terjadi momen sebesar 55,62 Tcm
 - c. Pada buhul E' dan I' terjadi momen sekunder sebesar 123,24 Tcm
 - d. Pada buhul F' dan H' terjadi momen sebesar 206,85 Tcm
 - e. Untuk semua sambungan menggunakan baut diameter 22 mm dengan itu maka kekuatan geser lebih besar daripada geser yang diizinkan
 - f. Pertambahan perkuatan pelat pada profil kanal ganda pada setiap batang yaitu uk.6 x160mm, uk.10 x160mm, uk.10 x160mm, uk.20 x160mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1985. *Desain Baja Konstruksi*. Bandung: Erlangga.
- Burhan, Hanis, *Struktur Baja*: ITB.
- Chu Kia Wang. 1987. *Analisa Struktur Lanjut jilid 1*. Trans.Kusuma Wirawan dan Mulyadi Nataprawira. Jakarta: Erlangga
- Gunawan, Rudi. 1987. *Tabel Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kasinius.
- Muti D, 2009.*Alat Sambung Baut Rangka Jembatan Baja*.
- Oentoeng. 2004. *Konstruksi Baja*.Yogyakarta: ANDI
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*. 1993
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*. 1984
- Pasaribu, Patar Ir. 1991. *Jembatan Rangka dan Gantung*. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Potma. A.P. dan J.E.De, Vries, *Konstruksi Baja*. Cet. Keenam. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Salmon, Charles G. Dkk. 1990. *Struktur Baja Desain dan Perilaku(terjemahan)*. Jakarta: Erlangga
- Salmon, Charles G. Dkk. 1995. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*. Edisi kedua. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Sunggono,Hardi Ir. 1994. *Tabel Profil Konstruksi Baja*.
- Sunggono, Ir. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung
- Supriyadi Bambang, CES., DEA, 2007. *Jembatan*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.