

PERBANDINGAN BERAT KUDA-KUDA (RANGKA) BAJA JENIS RANGKA HOWE DENGAN RANGKA PRATT

Azhari¹, dan Alfian²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
azhari@unri.ac.id

ABSTRAK

Batang-batang suatu konstruksi rangka atap dapat disusun dengan berbagai cara sehingga dikenal berbagai jenis rangka batang. Di antara jenis rangka yang umum dipakai sebagai kuda-kuda atap adalah rangka Howe dan rangka Pratt. Mengingat faktor ekonomi merupakan salah satu pertimbangan utama dalam menentukan suatu pilihan, maka dalam hal ini perlu dihitung mana yang paling ekonomis (murah) dari kedua jenis rangka tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis rangka atap yang paling ringan antara rangka Howe dengan rangka Pratt, dimana umumnya pada konstruksi baja dengan mutu dan tingkat kesulitan yang sama, konstruksi yang lebih ringanlah yang lebih murah. Tahapan perencanaan diawali dengan menetapkan parameter-parameter yang sama terhadap kedua jenis rangka berdasarkan hal-hal yang umum diterapkan dan mengacu pada literatur-literatur terkait. Kemudian dihitung beban, gaya batang, hingga pendimensian profil yang aman. Tahap terakhir dihitung berat total profil batang dari masing-masing rangka batang. Hasil perencanaan ini menunjukkan bahwa rangka Howe lebih ringan 20.7% dari rangka Pratt.

Kata Kunci: berat rangka atap, rangka Howe, rangka Pratt.

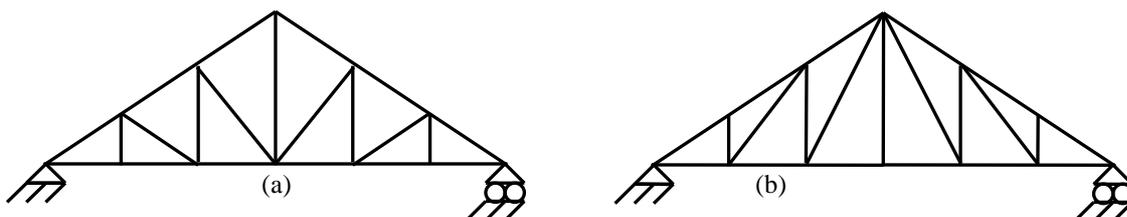
1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Baja sebagai salah satu bahan bangunan struktural semakin banyak dipakai pada konstruksi kuda-kuda terutama yang berbentuk panjang seperti pada bangunan perkantoran, gudang, dan industri. Sementara itu harga baja relatif mahal, sedangkan faktor biaya menjadi pertimbangan utama pada hampir semua proyek teknik sipil dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga perawatan. Begitu pula halnya pada konstruksi kuda-kuda (rangka atap) rangka baja yang menjadi objek pada penelitian ini dimana dikenal ada beberapa jenis rangka, maka diperlukan perencanaan atau perhitungan yang seksama untuk dapat memilih jenis yang paling ekonomis namun cukup aman dari beberapa alternatif yang ada.

Perumusan Masalah

Jenis rangka Howe dan rangka Pratt seperti Gambar 1 cukup sederhana bentuknya dan sering dipakai sebagai rangka atap. Biaya konstruksi baja dengan mutu dan tingkat kesulitan yang sama, umumnya ditentukan berdasarkan berat konstruksi: konstruksi yang lebih ringan merupakan yang lebih murah. Untuk itu perlu dihitung jenis rangka mana yang lebih ringan dari keduanya.



Gambar 1. Kuda-kuda rangka Howe (a) dan rangka Pratt (b)

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan menghitung dan membandingkan berat rangka Howe dan rangka Pratt sehingga dapat dipilih mana yang lebih ringan sehingga secara umum lebih ekonomis untuk diterapkan di lapangan.

Tinjauan Pustaka

Batang tarik dan batang tekan sebagai batang struktural sering dijumpai antara lain pada rangka jembatan dan rangka atap. Rumus-rumus perhitungan batang tarik dan batang tekan yang ditampilkan disini adalah berdasarkan pada Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1983.

a. Batang Tarik

Batang tarik dapat berbentuk profil tunggal atau dibuat dari sejumlah profil. Secara umum, pemakaian profil tunggal lebih ekonomis dari pada profil (penampang) tersusun (Salmon dan Johnson, 1992). Namun batang tersusun akan diperlukan bila:

- kapasitas batang tarik profil tunggal tidak memadai;
- kekuatan profil tunggal tidak memadai;
- pengaruh gabungan dari lenturan dan tarikan membutuhkan kekakuan lateral yang lebih besar;
- detail sambungan memerlukan penampang lintang tertentu;
- faktor estetika menghendaki demikian.

Perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik struktur yang paling sederhana dan bersifat langsung. Perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang batang yang cukup untuk menahan beban kerja dengan faktor keamanan yang memadai terhadap keruntuhan (Salmon dan Johnson, 1992).

Perencanaan batang tarik didasarkan pada persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq \bar{\sigma} \quad (1)$$

dengan:

- σ : tegangan tekan atau tarik
 $\bar{\sigma}$: tegangan dasar/izin
N : gaya batang (gaya normal)
 A_n : luas penampang netto/bersih

Dalam perencanaan batang tarik, walaupun stabilitas bukan merupakan kriteria utama, panjang batang tetap perlu dibatasi untuk mencegah batang terlalu fleksibel (mudah melentur). Batang tarik yang terlalu panjang bisa melendut secara berlebihan akibat berat sendiri. Selain itu batang ini juga bisa bergerak jika dibebani gaya angin seperti pada rangka batang terbuka (Salmon dan Johnson, 1992). Oleh karena itu perlu ditetapkan kriteria kekakuan yang didasarkan pada angka kelangsingan batang seperti Persamaan 2.

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} < 240 \quad (2)$$

dengan:

- λ : angka kelangsingan batang
L : panjang batang
 i_{\min} : jari-jari inersia/girasi profil tersusun terhadap sumbu terlemah

Angka kelangsingan batang (λ) tarik ini harus lebih kecil dari 240 untuk konstruksi primer, dan lebih kecil dari 300 untuk konstruksi sekunder.

b. Batang Tekan

Berbeda dengan batang tarik, batang tekan sangat tergantung pada kestabilannya (terhadap tekuk). Shanley, seperti yang dikutip oleh Salmon dan Johnson (1992), menentukan bahwa pada hakekatnya kolom atau batang tekan masih mampu memikul beban aksial yang lebih besar walaupun telah melentur pada saat telah

mencapai beban yang disebut beban tekuk, yang menyertakan pengaruh inelastis pada sejumlah atau semua serat penampang lintang.

Perencanaan batang tekan didasarkan pada persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{\omega N}{A} \leq \bar{\sigma} \quad (3)$$

dengan:

ω : faktor tekuk

A : luas penampang

Nilai faktor tekuk bisa dicari dari Tabel 2 sampai Tabel 5 PPBBI 1983 yang besarnya tergantung dari angka kelangsingan dan jenis baja.

Penampang profil tersusun seperti Gambar 1(c) perlu dihitung tekuk terhadap sumbu bahan dan sumbu bebas bahan (λ_x dan λ_{iy}) yang dihitung dengan Persamaan 4 dan Persamaan 5.

$$\lambda_x = L_{kx}/i_x \geq 1.2 \lambda_1 \quad (4)$$

$$\lambda_{iy} = \sqrt{(\lambda_y^2 + m/2 * \lambda_1^2)} \geq 1.2 \lambda_1 \quad (5)$$

Kelangsingan batang tekan dibatasi sampai maksimum 200

Kelangsingan batang tunggal λ_1 dihitung dengan Persamaan 6.

$$\lambda_1 = L_1/i_{1min} \leq 50 \quad (6)$$

Untuk penampang profil tersusun konfigurasi bersilang seperti Gambar 1(b), sumbu terlemahnya adalah sumbu X. Nilai minimum dari besaran inersia penampangnya dihitung dengan Persamaan 7 dan Persamaan 8.

$$I_{min} = I_x = \sqrt{I_x/2A} \quad (7)$$

$$i_{min} = i_x = 2 I_\xi \quad (8)$$

Keterangan Persamaan 4–Persamaan 8:

λ_x = angka kelangsingan batang terhadap sumbu x

λ_y = angka kelangsingan batang terhadap sumbu y

λ_{iy} = angka kelangsingan idiil batang terhadap sumbu y

λ_1 = angka kelangsingan batang terhadap sumbu terlemah

i_x = jari-jari girasi/inersia terhadap sumbu x

i_{1min} = jari-jari inersia profil tunggal terhadap sumbu terlemah

i_{min} = jari-jari inersia profil tersusun terhadap sumbu terlemah

m = jumlah profil

L_1 = jarak antara pelat kopel

L_{kx} = panjang tekuk batang tersusun terhadap sumbu x

I_{min} = momen inersia minimum

I_x = momen inersia terhadap sumbu x

I_ξ = momen inersia terhadap sumbu x

Dari Persamaan 7 dan 8 didapat bahwa i_{min} penampang sama dengan i_ξ profil tunggal. Dengan demikian patokan awal pemilihan ukuran profil pada penampang profil siku ganda konfigurasi bersilang dapat didasarkan pada nilai i_ξ profil tunggal.

c. Pengaruh Susunan Batang pada Rangka Batang

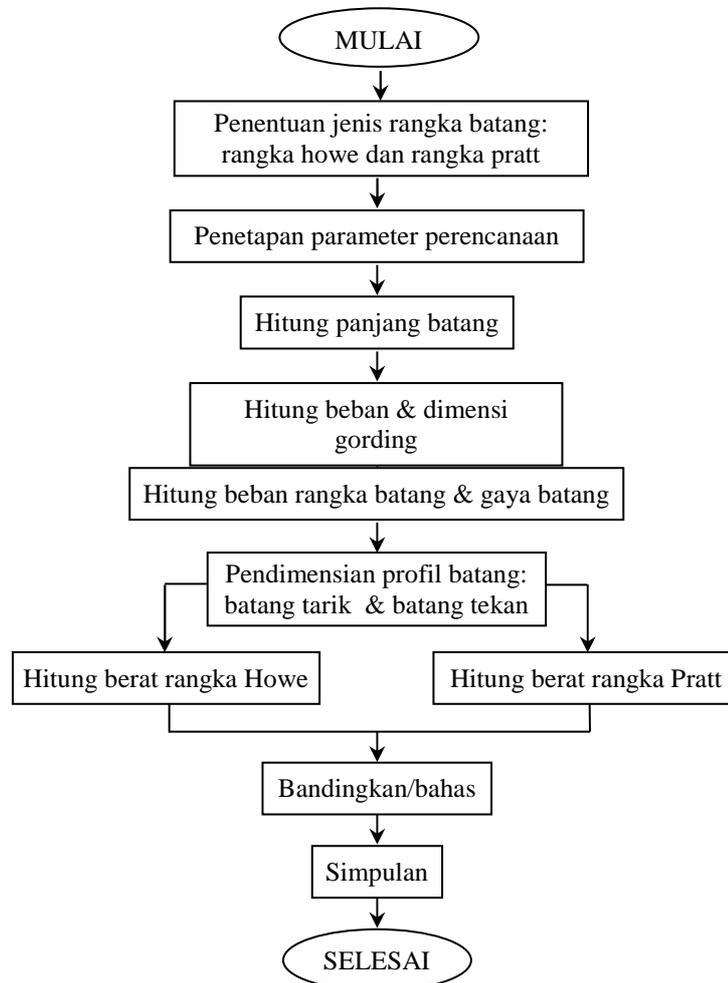
Perbedaan yang tampak pada kedua jenis rangka seperti pada Gambar 1 adalah arah batang diagonalnya. Perbedaan ini menyebabkan perbedaan panjang batang dan jenis gaya yang diterima oleh batang-batang vertikal dan diagonalnya. Dari Persamaan 1 – Persamaan 8 terlihat adanya pengaruh jenis gaya dan panjang batang terhadap dimensi profil yang dibutuhkan.

2. METODOLOGI

Langkah-langkah penelitian/perencanaan secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2. Sebelum perhitungan dimulai terlebih dahulu ditentukan parameter-parameter perencanaan seperti diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 3. Variasi hanya dilakukan pada jenis rangka batang yaitu rangka Howe atau rangka Pratt. Dimensi rangka batang yang ditetapkan beserta penomorannya diperlihatkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Parameter perencanaan kuda-kuda (rangka atap) yang ditentukan

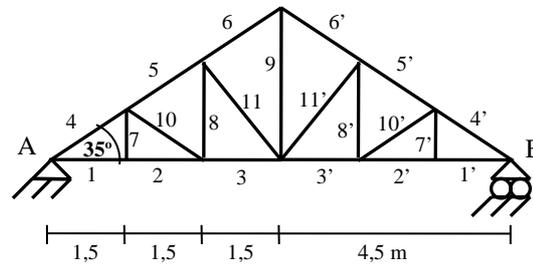
No	Jenis Parameter	Parameter yang Dipilih
1	Jenis bangunan	Tertutup (kantor)
2	Jenis struktur	Rangka batang statis tertentu
3	Bentang kuda-kuda	$6 \times 1,5 \text{ m} = 9 \text{ m}$
4	Kemiringan kuda-kuda	35°
5	Peraturan pembebanan	Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPI) 1983
6	Peraturan perencanaan baja	Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1983
7	Filosofi perencanaan	Berdasarkan keadaan elastis/tegangan kerja
8	Jenis baja	Bj. 37 (Fe 360) ($\bar{\sigma} = 1600 \text{ kg/cm}^2$)
9	Profil batang	Baja siku sama kaki ganda ()
10	Jarak antar profil (tebal pelat buhul)	8 mm



Gambar 2. Bagan alir penelitian

Jenis bangunan yang dipilih berupa bangunan tertutup, dalam hal ini dianggap bangunan kantor. Jenis (terbuka-tertutupnya) bangunan ini berpengaruh terhadap koefisien tekanan angin yang diterima kuda-kuda. Sebagai bahan atap dipilih genteng. Kemiringan bidang atap diambil 35° sesuai dengan yang disarankan oleh Subarkah (1988), yaitu sebesar $35^\circ - 60^\circ$ pada bangunan beratap genteng.

Perhitungan dimulai terhadap panjang batang, lalu dilanjutkan dengan perhitungan beban serta pendimensian gording. Seluruh beban yang bekerja pada rangka batang didistribusikan pada titik-titik kumpul. Kemudian dihitung besar dan jenis gaya yang diterima tiap-tiap batang, dalam hal ini dengan metode Cremona. Selanjutnya dapat dicari ukuran profil batang yang terdiri dari batang tarik dan batang tekan sesuai konfigurasi masing-masing penampang.



Gambar 3. Dimensi kuda-kuda

Perencanaan Batang Tarik

Elemen rangka batang terdiri dari batang tarik dan batang tekan. Perencanaan batang tarik lebih sederhana daripada perencanaan batang tekan. Dasar perencanaan batang tarik memakai Persamaan 1. Ukuran profil batang tarik dipilih berdasarkan luas penampang netto yang didapat dari persamaan tersebut. Dalam penelitian/perencanaan ini sebagai alat sambung dianggap dipakai las (perencanaan alat sambung diluar cakupan penelitian ini), sehingga luas penampang netto sama dengan luas penampang profil itu sendiri seperti yang tercantum dalam tabel profil baja.

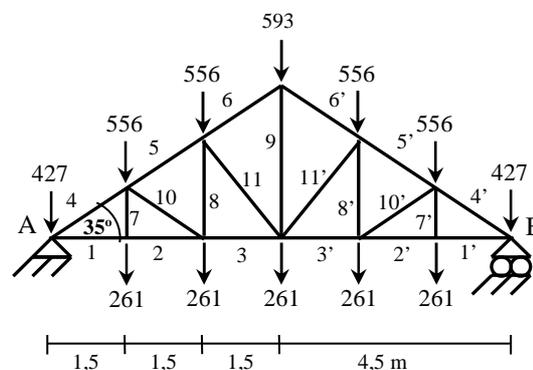
Perencanaan Batang Tekan

Prinsip dasar perencanaan batang tekan ditunjukkan dengan Persamaan 3. yang menunjukkan perlunya/adanya kestabilan batang terhadap bahaya tekuk. Faktor tekuk ϕ dapat dicari pada daftar tekuk dalam PPBBI 1983 berdasarkan nilai kelangsingan maksimum antara Persamaan 4 atau Persamaan 5.

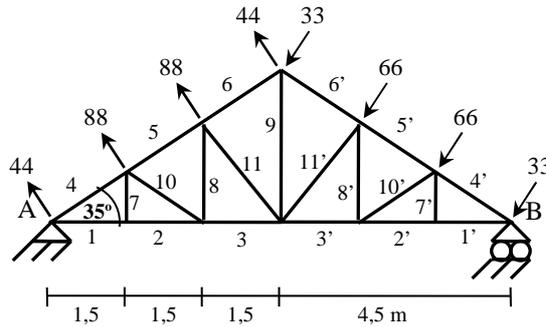
Setelah perencanaan kuda-kuda selesai hingga pemeriksaan lendutannya, maka berat total kedua jenis kuda-kuda dapat dihitung, yaitu dengan menjumlahkan berat masing-masing batang. Akhirnya dapat diketahui jenis mana yang lebih ringan yang secara umum merupakan yang paling ekonomis (murah).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

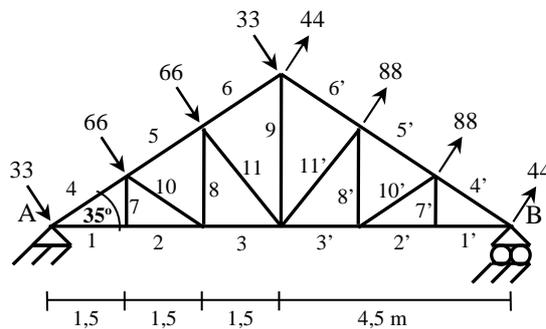
Hasil perhitungan beban serta pelimpahannya pada rangka atap diperlihatkan pada Gambar 4 sampai Gambar 6. Jenis dan besarnya beban pada rangka howe sama dengan rangka pratt, namun pada gambar hanya ditunjukkan untuk jenis rangka Howe.



Gambar 4. Pelimpahan beban tetap (dalam kg) pada rangka atap



Gambar 5. Pelimpahan beban angin kanan (dalam kg) pada rangka atap



Gambar 6. Pelimpahan beban angin kiri (dalam kg) pada rangka atap

Perencanaan Profil Batang

Perencanaan kedua jenis profil batang dilakukan berdasarkan persamaan-persamaan di atas dengan merujuk data dalam Tabel 1. Kedua ujung batang dianggap sendi. Dalam perencanaan ini dimensi profil minimum tidak dibatasi, sambungan dan plat kopel tidak ditinjau. Hasil perencanaan selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil perencanaan rangka Howe

Nomor batang	Panjang batang (m)	gaya batang (kg)		ukuran profil	berat profil tunggal (kg/m)	berat batang (kg)
		tarik	tekan			
1 = 1'	1.5			25.25.3	1.12	6.720
2 = 2'	1.5	3360		25.25.3	1.12	6.720
3 = 3'	1.5			25.25.3	1.12	6.720
4 = 4'	1.831			50.50.5	3.77	27.614
5 = 5'	1.831		4116	50.50.5	3.77	27.614
6 = 6'	1.831			50.50.5	3.77	27.614
7 = 7'	1.050	313		20.20.3	0.88	3.697
8 = 8'	2.101	800		30.30.3	1.36	11.427
9	3.151	2220		45.45.5	3.38	21.300
10 = 10'	1.831		792	35.35.4	2.10	15.382
11 = 11'	2.581		1188	45.45.5	3.38	34.898
Berat total rangka batang						189.706

Tabel 3. Hasil perencanaan rangka Pratt

Nomor batang	Panjang batang (m)	gaya batang (kg)		ukuran profil	berat profil tunggal (kg/m)	berat batang (kg)
		tarik	tekan			
1 = 1'	1.5			25.25.3	1.12	6.720
2 = 2'	1.5	3360		25.25.3	1.12	6.720
3 = 3'	1.5			25.25.3	1.12	6.720
4 = 4'	1.831			50.50.5	3.77	27.614
5 = 5'	1.831		4116	50.50.5	3.77	27.614
6 = 6'	1.831			50.50.5	3.77	27.614
7 = 7'	1.050		628	35.35.4	2.10	8.823
8 = 8'	2.101		1108	45.45.5	3.38	28.400
9	3.151	313		45.45.5	3.38	21.300
10 = 10'	2.581	1140		40.40.4	2.42	24.986
11 = 11'	3.490	1576		50.50.5	3.77	52.625
Berat total rangka batang						239.137

Pembahasan

Hasil akhir perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa rangka pratt lebih berat dari rangka Howe dengan selisih berat 49,4 kg atau sebesar 26,1%.

Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan dalam Pasal 2.1 dimana perbedaan jenis gaya dan panjang batang sangat berpengaruh terhadap dimensi profil dan berat suatu batang.

Batang no. 11 pada Rangka Howe yang memikul gaya tekan berdimensi lebih besar dari batang yang sama pada Rangka Pratt walaupun panjangnya lebih pendek. Namun berat total batang tersebut lebih kecil karena panjangnya yang lebih kecil dengan selisih yang cukup besar. Pengaruh perbedaan panjang juga tampak pada batang no. 10.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam perencanaan ini faktor dominan bahwa rangka Pratt lebih berat dari rangka Howe adalah karena panjang batangnya yang juga lebih besar seperti yang tampak dalam Tabel 5 di atas.

Bila biaya konstruksi didasarkan pada berat konstruksi itu sendiri, maka dalam hal ini pemakaian Rangka Howe bisa menghemat biaya sebesar 20,7% daripada Rangka Pratt. Keuntungan lebih lanjut adalah bisa menghemat konstruksi di bawahnya karena beban yang dipikul jadi lebih ringan pula.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Perencanaan kuda-kuda baja jenis rangka Howe dan rangka Pratt dengan bentang $6 * 1,5$ m, kemiringan kuda-kuda 35° , dan profil batang siku sama kaki ganda, tanpa meninjau sambungan dan plat kopel menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berat total rangka howe = 189,7 kg dan rangka Pratt = 239,1 kg. Berarti rangka howe lebih ringan 20,7% daripada rangka Pratt sehingga secara umum juga lebih ekonomis (murah).
2. Rangka howe lebih ringan dari rangka Pratt karena adanya perbedaan panjang batang pada kedua jenis rangka yaitu batang diagonalnya, dimana pada rangka howe lebih pendek dari rangka Pratt.
3. Dalam perencanaan ini faktor panjang batang lebih dominan pengaruhnya terhadap berat batang rangka daripada jenis gaya batang.

Saran

1. Pada perencanaan kuda-kuda rangka batang dengan bentang $6 * 1,5$ m dan kemiringan 35° disarankan untuk memilih jenis rangka howe daripada rangka Pratt karena lebih ringan.
2. Agar dapat diambil kesimpulan yang lebih umum (general), maka perlu diteliti pengaruh jumlah dan panjang bentang serta kemiringan kuda-kuda terhadap berat rangka batang pada jenis rangka yang sama dengan membuat beberapa variasi terhadap parameter tersebut.
3. Mengingat adanya jenis-jenis rangka lainnya, maka kepada para peneliti disarankan pula untuk melakukan penelitian yang sama dengan penelitian ini terhadap jenis rangka lain dengan mengacu pada saran nomor 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPI)*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Hsieh, Y.Y. 1985. *Teori Dasar Struktur*, Erlangga, Jakarta.
- Subarkah, Imam, 1988. *Konstruksi Bangunan Gedung*, Idea Dharma, Bandung.
- Salmon, J.E., dan J.E. Johnson, 1992. *Struktur Baja – Disain dan Perilaku*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.