

LAPORAN PENELITIAN

“Revitalisasi Tatanan Huma Sunda Melalui Penerapan Iptek Aerohidroponik Pada Desain Produk Pertanian”

Drs EDI SETIADI PUTRA M.Ds;

Dr. JAMALUDIN S.Sn., M.Sn.

Drs. MOHAMMAD DJALU DJATMIKO M.Ds.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2018**

RASIO ELEMEN PENAMPANG IWF OPTIMAL PADA BALOK SEDERHANA

Kamaludin

Program Studi Teknik Sipil, ITENAS - Bandung, Jl. PHH Mustofa 23 Bandung
kamal.itenas@gmail.com

Abstrak

Secara umum pemilihan dimensi profil balok pada struktur baja dilakukan dengan cara memilih profil dan menggunakan tabel profil baja. Kriteria awal disain diambil berdasarkan nilai modulus plastis penampang yang diperlukan. Saat ini rasio elemen penampang sudah ditentukan dan tercantum pada tabel profil baja. Cara lain untuk disain profil dapat menggunakan profil built up sesuai keperluan. Hal ini, perlu dilakukan evaluasi rasio elemen penampang profil IWF yang optimum. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma genetik untuk mengajukan sebuah metode alternatif dalam menentukan rasio elemen profil I paling optimum sebagai elemen balok. Ketebalan elemen sayap dan badan merupakan rasio perbandingan tw/d , tf/d dan bf/d . Pengujian pada 25 kasus balok dengan bentang dan beban yang berbeda yaitu mulai bentang balok 12-20 meter dengan beban yang diberikan mulai dari 7,5-9,5 kN/m, ditemukan bahwa rasio perbandingan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum untuk tw/d antara (3,4% – 30%), untuk tf/d antara (0,3% – 1,8%) dan untuk bf/d antara (1,2% – 1,4%). Untuk badan dengan mutu baja $fy=400$ MPa, batasan yang digunakan λ minimum 90% mencapai λ_p . Untuk sayap dengan mutu baja $fy=400$ MPa, diperoleh λ minimum 76,5% mencapai λ_p . Penentukan tebal pelat elemen pada dimensi profil I dapat dipakai sebagai referensi dalam membuat profil built up.

Kata kunci: Disain Balok, Algoritma Genetik, Rasio Elemen Penampang, Profil IWF, rasio kelangsungan .

Abstract

In general, the selection of beam profile dimensions in steel structures is done by selecting profiles and using steel profile tables. The initial design criteria are taken based on the cross section plastic modulus required. At present the cross section element ratio has been determined and is listed in the steel profile table. Another method for profile design can use the built up profile as needed. This, it is necessary to evaluate the optimum IWF profile cross section element ratio. Therefore, this study was conducted using genetic algorithms to propose an alternative method in determining the ratio of the most optimum profile element I as a beam element. The thickness of the wing and body elements is the ratio of tw/d , tf/d and bf/d . Tests on 25 beam cases with different spans and loads ranging from 12-20 meters of beam span with a given load ranging from 7.5 to 9.5 kN/m, it was found that the ratio of comparisons that meet the criteria for optimum I profile section for tw/d between (3.4% - 30%), for tf/d between (0.3% - 1.8%) and for bf/d between (1.2% - 1.4%). For bodies with steel quality $fy = 400$ MPa, the limit used digunakan a minimum of 90% reaches λ_p . For wings with steel quality $fy = 400$ MPa, diperoleh minimum 76.5% is reached λ_p . Determination of the thickness of the element plate on the profile dimension I can be used as a reference in creating a built up profile.

Keywords: Beam Design, Genetic Algorithm, Cross Section Element Ratio, IWF Profile, Slenderness ratio.

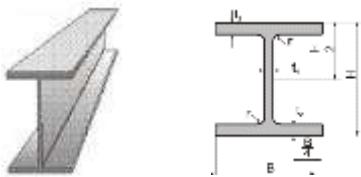
PENDAHULUAN

Secara umum pemilihan dimensi profil balok pada struktur baja dilakukan dengan cara memilih profil dan menggunakan tabel profil baja. Kriteria awal disain diambil berdasarkan nilai modulus plastis penampang yang diperlukan. Saat ini rasio elemen penampang sudah ditentukan dan tercantum pada tabel profil baja. Cara lain untuk disain profil dapat menggunakan profil built up sesuai keperluan. Hal ini, perlu dilakukan evaluasi rasio elemen penampang profil IWF yang optimum.

Melihat hal ini perlu dilakukan penelitian tentang rasio elemen yang membentuk profil I. Penelitian dilakukan menggunakan algoritma genetik untuk mengajukan sebuah metode alternatif dalam menentukan rasio elemen profil I paling optimum sebagai elemen balok.

TEORI BALOK BAJA PROFIL I

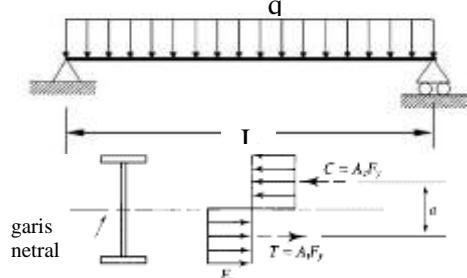
Bentuk penampang profil diperlihatkan pada gambar 1. Elemen profil terdiri dua sayap (flens) atas bawah dan elemen badan (web). Persamaan inersia profil I dapat dilihat pada persamaan 1.



Gambar 1 Profil I

$$I_w = \frac{1}{12} \times t_1 H^3 + 2 \left[\frac{1}{12} B t_2^3 + B t_2 \left(\frac{H}{2} + \frac{t_2}{2} \right)^2 \right] \dots \dots \dots (1)$$

Model struktur balok sederhan dengan beban merata dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3 : distribusi tegangan pada penampang

Penampang yang diperlihatkan pada gambar 3 merupakan gambar profil I beserta distribusi tegangan yang terjadi. Modulus plastis penampang adalah hasil kali antara luas penampang tekan dengan jarak antara titik berat penampang tekan dengan titik berat penampang tarik dari suatu profil baja. Nilai modulus

plastis (Z) diperlukan untuk menghitung besar kapasitas momen plastis.

Kapasitas momen plastis dapat dengan mudah dihitung dengan memperhatikan kesetimbangan distribusi tegangan yang tergambar pada **Gambar 3**. Gambar 3 ini menunjukkan bagaimana gaya tekan dan tarik bekerja pada penampang balok profil I, halmana A_c merupakan luas penampang melintang yang berada diatas garis netral dan mengalami tegangan tekan, sedangkan A_t merupakan luas penampang melintang dibawah garis netral dan mengalami tegangan tarik.

Persamaan kesetimbangan yang dapat pada Persamaan 2, Persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$C = T \dots \dots \dots (2)$$

$$\Leftrightarrow A_c \times f_y = A_t \times f_y \dots \dots \dots (3)$$

$$\Leftrightarrow A_c = A_t \dots \dots \dots (4)$$

garis netral membagi penampang menjadi dua dengan besar yang sama, sehingga modulus plastis penampang dapat dihitung dengan persamaan 5 berikut:

$$Z = (A_c) a = (A_t) a \dots \dots \dots (5)$$

Kapasitas momen plastis merupakan hasil kali antara f_y dengan Z maka dari kapasitas momen plastis dapat ditentukan dengan sebagai berikut.

$$M_p = f_y \times Z = f_y \times (A_c) a = f_y \times (A_t) a \dots \dots \dots (6)$$

Ketika elemen struktur baja, khususnya yang berprofil I mengalami tegangan geser, maka seluruh bagian *web* (badan) akan mengalami leleh terlebih dahulu barulah bagian *flanges* (sayap) mulai mengalami leleh. Karena hal ini, maka dianggap bahwa kuat geser (kapasitas menahan tegangan geser) dari bagian *web* adalah perwakilan kuat geser dari seluruh bagian penampang profilnya. Kuat geser diambil sebesar 60% dari kuat tarik elemen struktur tersebut, sehingga kuat geser untuk profil I dapat ditentukan dengan Persamaan 6 berikut.

$$V_n = 0,6 f_y A_w \dots \dots \dots (6)$$

halmana:

A_w = Luas *web* (badan) dari profil I,

V_n = Kuat Geser dari profil I.

Untuk metode *LRFD*, hubungan antara kekuatan geser yang dibutuhkan dengan kekuatan

Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Menu proses optimasi

2. Klik tombol **SIMPLY SUPPORTED BEAM** untuk memilih model balok dengan beban merata sepanjang bentang dan dengan perletakan sederhana pada kedua ujungnya. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Memilih Model proses optimasi

3. Masukkan data panjang bentang balok, besar beban merata dan mutu balok baja yang digunakan, lalu klik tombol **Input**. Ilustrasi dari langkah ini dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Langkah 3 proses optimasi

4. Lakukan pemeriksaan data, apabila masih ada data yang salah maka tutup jendela **Data Checking** lalu ulangi dari langkah 1, jika tidak ada data yang salah maka klik tombol **Checked** untuk melanjutkan. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 10**.



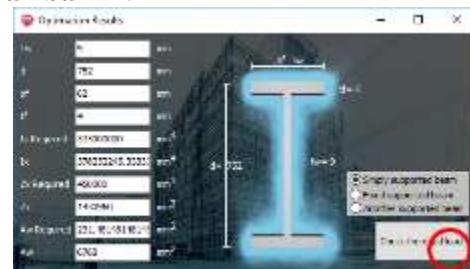
Gambar 10. Langkah 4 proses optimasi

5. Klik tombol **OPTIMIZATION** untuk memulai proses optimasi, selanjutnya klik tombol **OK** pada jendela yang muncul, pada langkah ini proses optimasi telah dimulai. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Langkah 5 proses optimasi

6. Pada tahap ini proses optimasi telah selesai, tapi untuk memastikan bahwa dimensi profil balok hasil optimasi aman terhadap beban yang bekerja dan lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditentukan dalam SNI-1792:2015, maka selanjutnya pilih model balok yang dioptimasi dengan cara klik pada RadioButton **Simply supported beam** lalu klik tombol **Check the dead load** untuk memulai pemeriksaan. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Langkah 6 proses optimasi

7. Klik tombol **Input** untuk melanjutkan. Abaikan data-data yang bernilai 0 (nol) karena data-data tersebut tidak dibutuhkan selama proses pemeriksaan. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Langkah 7 proses optimasi

8. Klik tombol **SETTING** untuk memilih standar acuan yang akan digunakan dalam proses pemeriksaan. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Langkah 8 proses optimasi

9. Klik RadioButton SNI untuk memilih standar acuan SNI-1729:2015. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Langkah 9 proses optimasi

10. Klik tombol **ANALYSIS** untuk memulai perhitungan dan pemeriksaan. Langkah ini dapat dilihat ilustrasinya pada **Gambar 16**.



Gambar 16. Langkah 10 proses optimasi

11. Jika pada bagian kanan jendela **Analysis Result** terdapat tulisan berwarna merah berarti dimensi profil hasil optimasi tidak mampu menahan beban yang bekerja dan atau lendutan yang terjadi melebihi batas yang ditentukan dalam SNI-1729:2015 dan perlu dilakukan optimasi ulang untuk mendapatkan dimensi baru dengan mengulang dari langkah 1 sampai didapatkan dimensi balok baru yang mampu menahan beban yang bekerja dan lendutan yang terjadi tidak melebihi batas yang ditentukan dalam SNI-1729:2015. Langkah

ini dapat dilihat contohnya pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Langkah 10 proses optimasi

Fungsi utama dari program optimasi penampang profil I adalah untuk mendapatkan dimensi penampang profil I *built up* yang paling efisien untuk suatu balok. Dimensi balok hasil optimasi didapatkan berdasarkan panjang bentang balok, mutu baja yang digunakan untuk balok dan besar beban yang bekerja atau gaya dalam momen, gaya dalam geser dan besar lendutan yang terjadi akibat dari beban yang bekerja pada balok.

Selain fungsi utama di atas, program optimasi ini juga dilengkapi dengan satu fungsi pendukung, yaitu fungsi untuk menganalisa apakah suatu balok yang telah diketahui dimensinya mampu menahan beban yang bekerja pada balok tersebut. Fungsi Analisa ini tersedia dalam satuan millimeter dan satuan inci (*inch*). Jika memilih fungsi analisa dalam satuan millimeter maka data dimensi profil yang dianalisa harus dimasukkan dalam satuan millimeter, sedangkan jika memilih fungsi analisa dalam satuan inci maka dimensi profil yang dianalisa harus dimasukkan dalam satuan inci

Pengujian pada 25 kasus balok dengan beban dan penjang bentang yang berbeda, yang dapat dilihat pada **Tabel 1**, ditemukan bahwa rasio perbandingan antara tebal badan, tebal sayap dan lebar sayap terhadap tinggi badan memiliki rasio yang hampir sama, yaitu:

1. Rentang rasio perbandingan b_f/d antara 0,0341 sampai dengan 0,2926
2. Rentang rasio perbandingan t_f/d antara 0,0026 sampai dengan 0,0175
3. Rentang rasio perbandingan t_w/d antara 0,0119 sampai dengan 0,0132

Jika suatu penampang melintang profil I memenuhi rentang rasio di atas dan rasio kelangsingannya mendekati rasio tekuk lokal maka penampang tersebut dapat dikatakan memiliki kriteria optimum sebagai balok.

Tabel 1 Hasil Olah 25 model berbagai bentang pada balok sederhan

No	Q (kN) (m)	L (m)	d (mm)	t_w (mm)	b_r (mm)	t_r (mm)	λ_w	λ_{pw}	λ_r	λ_{pr}	λ_{pw1} 0.00%	λ_{pr1} 0.00%	t_w/d	b_r/d
1	7.5	3	249	3	59	4	83.0	84.1	7.38	8.5	98.72	86.79	0.0120	0.236
2	7.5	3.5	312	4	30	2	78.0	84.1	7.50	8.5	92.77	88.27	0.0128	0.096
3	7.5	4	332	4	42	3	83.0	84.1	7.00	8.5	98.72	82.38	0.0120	0.126
4	7.5	4.5	391	5	16	1	78.2	84.1	8.00	8.5	93.01	94.15	0.0128	0.040
5	7.5	5	397	5	45	3	79.4	84.1	7.50	8.5	94.44	88.27	0.0126	0.113
6	8	3	252	3	64	4	84.0	84.1	8.00	8.5	99.91	94.15	0.0119	0.254
7	8	3.5	319	4	28	2	79.8	84.1	7.25	8.5	94.85	85.32	0.0125	0.090
8	8	4	336	4	45	3	84.0	84.1	7.50	8.5	99.91	88.27	0.0119	0.133
9	8	4.5	386	5	29	2	77.2	84.1	7.25	8.5	91.82	85.32	0.0130	0.075
10	8	5	397	5	59	4	79.4	84.1	7.38	8.5	94.44	86.79	0.0126	0.148
11	8.5	3	229	3	67	4	76.3	84.1	8.38	8.5	90.79	98.56	0.0131	0.292
12	8.5	3.5	326	4	27	2	81.5	84.1	6.75	8.5	96.94	79.44	0.0123	0.082
13	8.5	4	319	4	53	4	79.8	94.1	6.63	8.5	94.85	77.97	0.0125	0.166
14	8.5	4.5	393	5	30	2	78.6	84.1	7.50	8.5	93.49	88.27	0.0127	0.076
15	8.5	5	395	5	52	4	79.0	84.1	6.50	8.5	93.96	76.50	0.0127	0.131
16	9	3	241	3	53	4	80.3	84.1	6.63	8.5	95.55	77.97	0.0124	0.219
17	9	3.5	331	4	38	2	82.8	84.1	8.00	8.5	98.42	94.15	0.0121	0.096
18	9	4	303	4	54	4	75.8	84.1	6.75	8.5	90.10	79.44	0.0132	0.178
19	9	4.5	379	5	44	3	75.8	84.1	7.33	8.5	90.16	86.30	0.0132	0.116
20	9	5	402	5	54	4	80.4	84.1	6.75	8.5	95.63	79.44	0.0124	0.134
21	9.5	3	304	4	27	2	76.0	84.1	6.75	8.5	90.39	79.44	0.0132	0.088
22	9.5	3.5	309	4	43	3	77.3	84.1	7.17	8.5	91.89	84.34	0.0129	0.139
23	9.5	4	381	5	13	1	76.2	84.1	6.50	8.5	90.63	76.50	0.0131	0.034
24	9.5	4.5	386	5	45	3	77.2	84.1	7.50	8.5	91.82	88.27	0.0130	0.116
25	9.5	5	408	5	56	4	81.6	84.1	7.00	8.5	97.05	82.38	0.0123	0.137
Nilai maksimum		99.91		98.56		0.0132		0.292						
Nilai minimum		90.10		76.50		0.0119		0.034						

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 1 terlihat hasil tes 25 model balok sederhana untuk berbagai bentang adalah sebagai berikut : Rasio antara lebar sayap terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum yaitu terendah 3,4% pada model no 23 dan tertinggi 30% pada model 11. Rasio antara tebal sayap terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum terendah yaitu antara 0,3% pada model 4 dan tertinggi 1,8% pada model 11. Rasio perbandingan antara tebal badan terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum yaitu antara terendah 1,2% pada model 6 dan tertinggi 1,4% pada model 11 dan model no.18.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengujian pada 25 kasus balok dengan besar beban dan panjang bentang berbeda, diperoleh sebagai berikut:

1. Rasio antara lebar sayap terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum yaitu antara 3,4% sampai dengan 30%.
2. Rasio antara tebal sayap terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum yaitu antara 0,3% sampai dengan 1,8%.
3. Rasio perbandingan antara tebal badan terhadap tinggi badan yang memenuhi kriteria penampang profil I optimum yaitu antara 1,2% sampai dengan 1,4%.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa semua penampang profil I yang memenuhi batasan di atas dapat dikategorikan sebagai penampang profil I yang optimum untuk elemen struktur balok. Saran ketika ingin menentukan dimensi penampang profil I yang optimum

tanpa menggunakan program, maka hanya perlu mencoba-coba dimensi profil selama masih berada dalam rentang batasan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Civil Engineers, 2002. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. 2 ed. Virginia: American Society of Civil Engineers.

Kusumaningtyas, E. M., 2010. *Kecerdasan Buatan*. [Online] Available at: <http://entin.lecturer.pens.ac.id/KecerdasanBuatan/Buku/> [Accessed 19 Maret 2018].

Segui, W. T., 2012. *Steel Design*. 5 ed. Stamford: Cengage Learning.

Zebua, Wiranata, Alfian, Optimasi Ukuran Penampang Beton Prategang Pada Balok Sederhana dan Balok Menerus dengan menggunakan Algoritma Genetika, <http://ejournal.uajy.ac.id/id/eprint/6706> (diakses ter tanggal 19/09/2018)

Suharjanto, Implementasi Algoritma Genetika pada Optimasi Bentuk dan Ukuran Bukaan pada Balok Baja Profil I dengan Bukaan Cellular, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/3955> (diakses tertanggal 25/6/2018)