



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN GRAFIK DESAIN KUAT TEKAN (P_n)
KOLOM BAJA PRODUK LOKAL SEBAGAI FUNGSI DARI
PANJANG EFEKTIF (L_e) DENGAN ASUMSI KOLOM
BERADA PADA BRACED FRAME**

SKRIPSI

**TEGAR KAROMI
0906605832**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**DEVELOPMENT OF GRAPHICS DESIGN STRENGTH
STEEL COLUMN (P_n) PRODUCED BY LOCAL
MANUFACTURING AS A FUNCTION OF EFFECTIVE
LENGTH (L_e) IN BRACED FRAME**

FINAL PROJECT

**TEGAR KAROMI
0906605832**

**ENGINEERING FACULTY UNIVERSITAS INDONESIA
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN GRAFIK DESAIN KUAT TEKAN (P_n)
KOLOM BAJA PRODUK LOKAL SEBAGAI FUNGSI DARI
PANJANG EFEKTIF (L_e) DENGAN ASUMSI KOLOM
BERADA PADA BRACED FRAME**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**TEGAR KAROMI
0906605832**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2012**

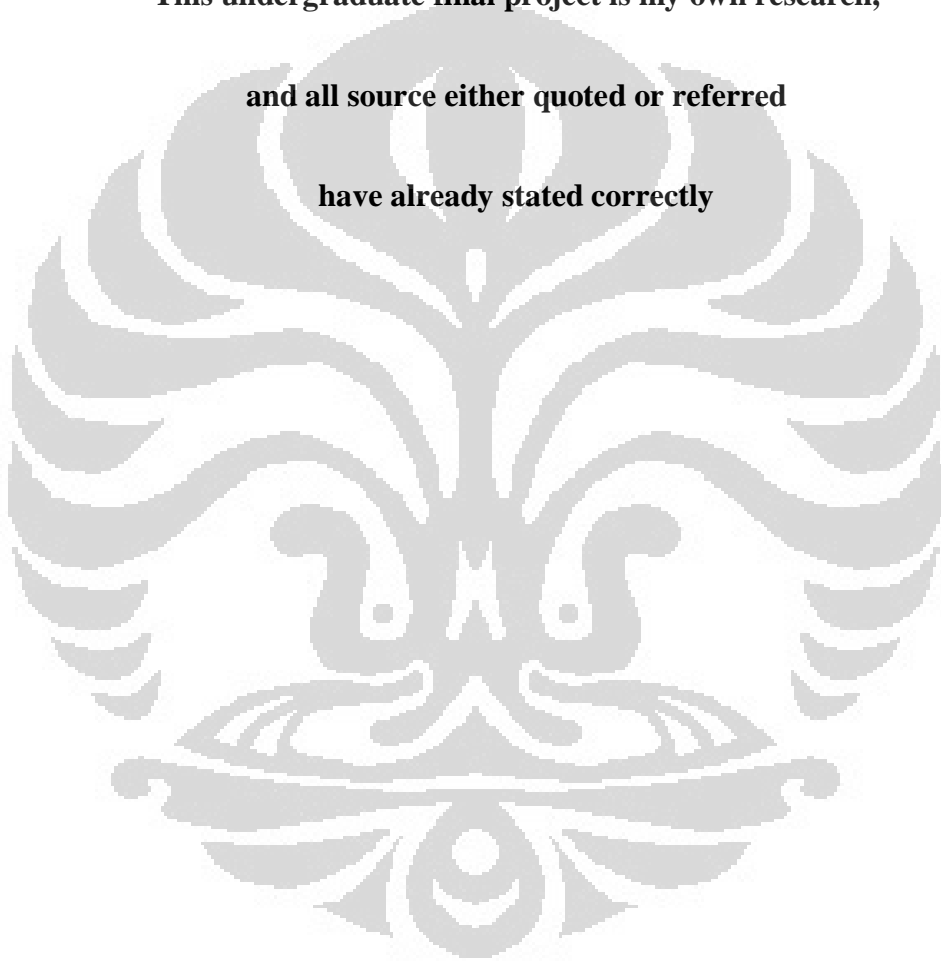
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**



PAGE OF ORIGINALITY STATEMENT

**This undergraduate final project is my own research,
and all source either quoted or referred
have already stated correctly**



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Tegar Karomi
NPM : 0906605832
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengembangan Grafik Desain Kuat Tekan (Pn)
Kolom Baja Produk Lokal Sebagai Fungsi Dari
Panjang Efektif (Le) Dengan Asumsi Kolom
Berada Pada *Braced Frame*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Syahril A. Rahim, M.Eng

(.....)

Pembimbing : Mulia Orientilize, ST, M.Eng

(.....)

Penguji : Dr.-Ing. Ir. Henki. W. Ashadi

(.....)

Penguji : Ir. Essy Ariyuni, Ph.D

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam tak lupa saya haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Ir. Syahril A. Rahim, M.Eng dan Ibu Mulia Orientilize, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pihak PT. Gunung Garuda yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 27 Juni 2012

Tegar Karomi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :Tegar Karomi
NPM :0906605832
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengembangan Grafik Desain Kuat Tekan (P_n) Kolom Baja Produk Lokal Sebagai Fungsi Dari Panjang Efektif (L_e) Dengan Asumsi Kolom Berada Pada *Braced Frame*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

ABSTRAK

Nama : Tegar Karomi
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengembangan Grafik Desain Kuat Tekan (P_n) Kolom Baja Produk Lokal sebagai Fungsi dari Panjang Efektif (L_e) dengan Asumsi Kolom Berada pada *Braced Frame*

Penggunaan baja sebagai material konstruksi menuntut setiap negara mengeluarkan peraturan desain. Di Indonesia regulasi perhitungan struktur baja tertuang dalam SNI 03-1729-2002. Untuk mempermudah para perencana melakukan preliminary desain, SNI baja perlu dilengkapi dengan tuntunan praktis dalam bentuk grafik atau tabel seperti halnya AISC. Penelitian ini bertujuan melengkapi SNI baja Indonesia dengan grafik kuat tekan kolom baja sebagai fungsi dari panjang efektif dengan asumsi kolom berada pada *braced frame*. Dilakukan pengembangan grafik penentuan kapasitas nominal kolom untuk profil WF dan H yang diproduksi oleh salah satu produsen baja di Indonesia. Menggunakan bantuan *software* Matlab, *output* dari program diplot dalam bentuk grafik dan tabel hubungan antara panjang efektif kolom dan kapasitas nominal. Dilakukan validasi terhadap *output* program dengan AISC, besarnya deviasi perhitungan berkisar antara 0,001 % - 1%.

Kata kunci: grafik kolom, kuat tekan, kolom baja

ABSTRACT

Name : Tegar Karomi
Study Program: Civil Engineering
Title : Development of Graphics Design Strength Steel Column (Pn) Produced by Local Manufacturing as a Function of Effective Length (Le) in Braced Frame

The use of steel as structural components should follow design code released by government in each country. Indonesia design regulation of steel as a buliding structure is described in SNI 03-1729-2002. In order to help structural designer to predict nominal capacity of column and also to choose the suitable profile, SNI should be accomplished with graphs or tables. The research conducted is aimed to produce graph of nominal capacity of several WF and H shapes produced by one of local manufacturing in Indonesia. Matlab was used as programming software. The result is presented in table and graph as a function of effective length (Le) of the column. The program output is being validated againts AISC. Small deviation of 0,001% to 1 % is found. In general, the results are valid an can be used as a complementary of SNI 03-1729-2002.

Keywords : Graphics column, compression strength, steel column

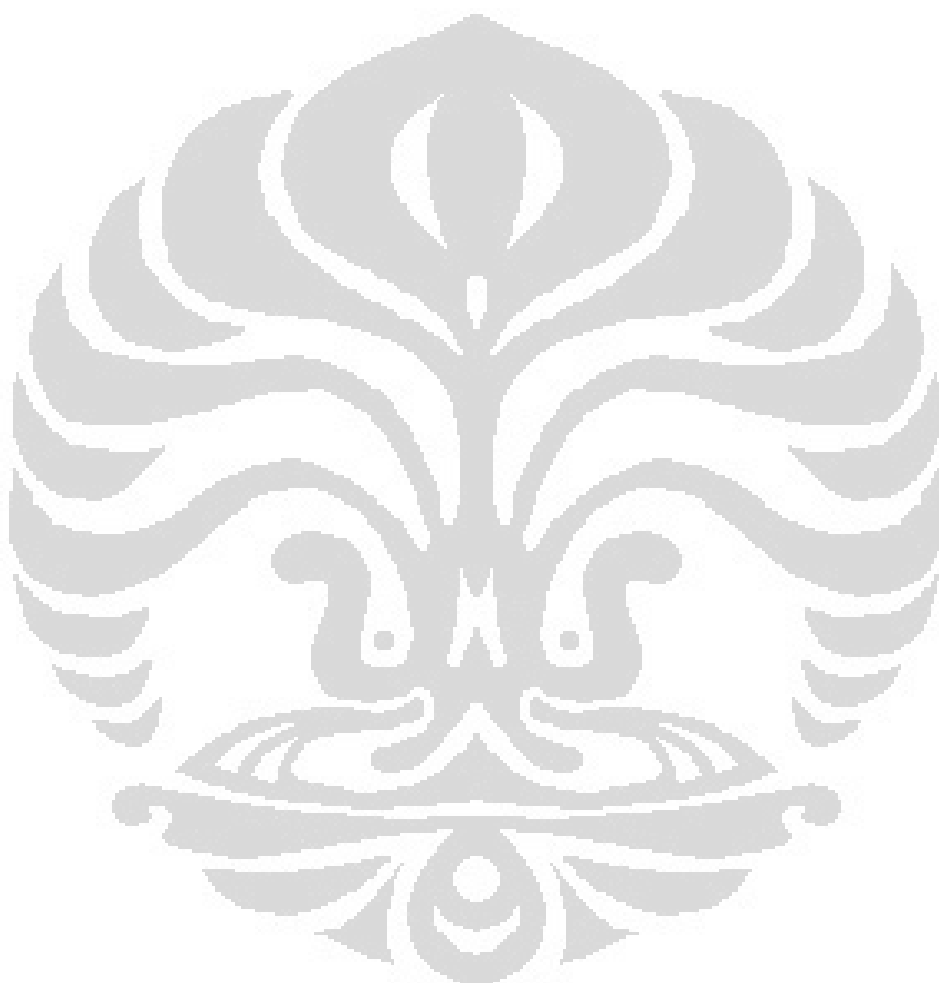
DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Perumusan masalah.....	3
I.3 Tujuan penelitian.....	3
I.4 Batasan masalah.....	3
I.5 Metodologi penelitian.....	4
I.6 Sistematika penelitian.....	4
II. DASAR TEORI.....	5
II.1 Bahan baja struktural.....	5
II.2 Konsep metode LRFD.....	9
II.3 Teori struktur kolom.....	11
II.4 Tekuk Euler.....	17
II.5 Peraturan AISC untuk desain kolom.....	21
II.6 Stabilitas lokal.....	24
II.7 Keadaan kekuatan batas.....	28
II.8 Panjang tekuk.....	28
II.9 Daya dukung nominal komponen struktur tekan.....	30
III. METODE PENELITIAN.....	32
III.1 Studi literatur.....	32
III.2 Proses Pengumpulan data.....	32
III.3 Properti penampang.....	32

III.3.1	Menghitung kekuatan penampang tak langsing	34
III.3.2	Menghitung kekuatan penampang langsing	35
III.4	Analisa perhitungan berdasarkan SNI 03-1729-2002	36
III.5	Bagan alir perencanaan batang tekan baja	37
III.6	Grafik design dengan MATLAB®	41
III.6.1	Tipe data	41
III.6.2	Variabel	42
III.6.3	Operator aritmatika	43
III.6.4	Flow control	44
III.6.5	Definisi fungsi	46
III.6.6	Memanggil dan menevaluasi fungsi	47
III.6.7	Masukan dan keluaran	47
III.6.8	Array function	47
III.6.9	Menulis dan menjalankan program	48
III.6.10	Plotting	49
IV.	ANALISA DAN PERHITUNGAN.....	50
IV.1	Pengumpulan Data	50
IV.2	Analisa dan Perhitungan	52
IV.2.1	Perhitungan Properti Penampang	52
IV.2.2	Pengecekan Stabilitas Lokal Penampang	53
IV.2.3	Pengecekan Nilai Kelangsingan Struktur	55
IV.2.4	Perhitungan Kuat Nominal Kolom	55
IV.3	Pemrograman dengan Software	57
IV.3.1	Alur Kerja Sub Program	57
IV.3.1.1	Keterangan Perintah Sub-Program AISC	58
IV.3.1.2	Keterangan Perintah Sub-Program SNI	66
IV.3.2	Alur Kerja Main-Program	67
IV.4	Hasil Kuat Nominal Kolom	69
IV.5	Validasi Program	71
IV.5.1	Validasi Output Properti Penampang	72
IV.5.2	Validasi Kuat Penampang dengan Metode Perhitungan AISC ..	73

IV.5.3 Validasi Kuat Penampang dengan Metode Perhitungan SNI	75
V. KESIMPULAN	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN 1 Hasil Output dalam Bentuk Tabel	
LAMPIRAN 2 Hasil Output dalam Bentuk Grafik	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Tegangan dan Regangan Baja	5
Gambar 2.2	Detail Grafik Tegangan dan Regangan Baja	6
Gambar 2.3	Grafik Residual Strain Baja	7
Gambar 2.4	Kolom Langsing dan Kolom Pendek Diberi Beban Aksial	11
Gambar 2.5	Batang dengan beban Aksial	13
Gambar 2.6	Berbagai Kemungkinan Tekuk yang Akan Dialami Batang Tekan	14
Gambar 2.7	Kurva Tegangan Regangan dari Tes Tekan Baja W dengan Bentang Pendek	16
Gambar 2.8	Kurva Modulus Tangensial	19
Gambar 2.9	Batang dengan Perletakan Jepit – Sendi diberikan Beban Aksial	20
Gambar 2.10	Kurva desain kekuatan kolom	24
Gambar 2.11	Nilai batas λ_r untuk berbagai penampang	26
Gambar 2.12	Nomogram untuk mendapatkan nilai K	29
Gambar 3.1	Properti penampang profil WF	33
Gambar 3.2	Bagan alir perencanaan batang tekan baja berdasarkan peraturan SNI	37
Gambar 3.3	Bagan alir perhitungan kolom tak langsing SNI.	38
Gambar 3.4	Bagan alir perhitungan batang tekan baja berdasarkan peraturan AISC.	39
Gambar 3.5	Bagan alir perhitungan kolom tak langsing AISC	40
Gambar 3.6	Bagan alir perhitungan kolom langsing AISC	40
Gambar 4.1	Detail Properti penampang	50
Gambar 4.2	Bagan alir Sub-Program	58
Gambar 4.3	Penampang takikan	59
Gambar 4.4	Pembagian area penampang	60
Gambar 4.5	Bagan alir Main program	68
Gambar 4.6	Hasil plot grafik P_n vs L_e	71
Gambar 4.7	Perbandingan Grafik SNI dan AISC	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural	8
Tabel 2.2 Nilai K berdasarkan kondisi ujung-ujung yang Ideal (Sumber SNI) . 21	
Tabel 2.3 Perbandingan Perhitungan Kapasitas Batang Tekan pada SNI dan AISC..	31
Tabel 3.1 Variabel di dalam MATLAB	42
Tabel 3.2 Variabel di dalam MATLAB.	43
Tabel 3.3 Operator Divisi di dalam MATLAB.	43
Tabel 3.4 Operator dengan periode (.) di dalam MATLAB.	43
Tabel 3.5 Variabel di dalam MATLAB	43
Tabel 3.6 Variabel di dalam MATLAB	43
Tabel 4.1 Tabel Profil Gunung Garuda	51
Tabel 4.2 Perhitungan Properti Material	52
Tabel 4.3 Syarat Stabilitas Lokal Penampang	53
Tabel 4.4 Nilai Kelangsingan Penampang tiap Profil	54
Tabel 4.5 Nilai Syarat Kelangsingan Penampang	54
Tabel 4.6 Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kuat nominal kolom	55
Tabel 4.7 Hasil output program berupa nilai kuat nominal kolom	70
Tabel 4.8 Hasil Validasi Properti Penampang	72
Tabel 4.9 Profil W Shapes AISC	73
Tabel 4.10 Kuat nominal kolom AISC	74
Tabel 4.11 Perbandingan hasil output dengan tabel AISC	74
Tabel 5.1 Perbandingan hasil output properti penampang	77

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Dunia konstruksi mengalami perkembangan cukup pesat. Baik dari segi bentuk bangunan, tata cara perhitungan, metodologi konstruksi dan aspek pemilihan material. Hal ini ditandai oleh meningkatnya pembangunan-pembangunan infrastruktur. Selain menjadi kebutuhan tentang ruang, pembangunan infrastruktur juga dilaksanakan untuk meningkatkan taraf ekonomi di suatu tempat.

Perencanaan struktur suatu bangunan dimaksudkan untuk menghasilkan suatu desain bangunan yang kuat, stabil, ekonomis, serta memenuhi umur layan perencanaan bangunan tersebut. Jika kriteria-kriteria tersebut belum dapat terpenuhi, maka bangunan tersebut dapat dikatakan gagal.

Pemakaian logam sebagai bahan struktur dimulai dari besi tuang yang digunakan pada pelengkung dengan bentang 100 ft (30 m) yang dibangun di Inggris pada tahun 1777 – 1779. Sejumlah jembatan besi tuang yang dibangun selama periode tahun 1780 – 1820, yang kebanyakan berbentuk busur dengan gelagar induk yang terdiri dari potongan besi tuang individual (berupa balok atau rangka batang). Besi tuang juga dipakai untuk rantai pada jembatan gantung (*suspension bridges*) sebelum tahun 1840.

Bahan baja adalah bahan bangunan yang sering digunakan untuk merealisasikan suatu bangunan dalam waktu yang cepat. Hal ini dimungkinkan karena bahan bangunan baja telah dibentuk atau dicetak dalam berbagai macam bentuk profil dan berbagai macam ukuran, sehingga seorang perencana dapat dengan mudah membentuk dan merencanakan dengan menyambung satu sama lain komponen-komponen baja tersebut

Yang terpenting dari bahan baja adalah mengetahui sifat-sifat mekanis baja sehubungan dengan konsep atau kaidah LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Dengan konsep ini, perencanaan struktur baja sampai pada kondisi plastis. Yang berarti desain dapat dikondisikan sedemikian ekonomis dari segi material akan tetapi kuat, stabil dan mampu memenuhi umur layan rencana. Tentu saja penerapan metode ini telah didukung oleh riset-riset dari para ahli dan juga pengembangan-pengembangan ilmu pengetahuan di bidang ilmu konstruksi.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penggunaan baja sebagai bahan konstruksi menuntut setiap negara mengeluarkan peraturan dan melakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan konstruksi baja di negara tersebut. Maka dilakukanlah penelitian-penelitian yang melibatkan gabungan antara para peneliti dan ahli teknik praktis. Hasil penelitian tersebut disaring dan diambil intisarinnya guna menghasilkan peraturan perancangan secara praktis, aman dan ekonomis.

Di Amerika, perencanaan struktur baja diatur berdasarkan spesifikasi dari AISC (*American Institute of Steel Construction*). Lembaga ini mengeluarkan regulasi-regulasi mengenai perencanaan baja di Negara Amerika. Di Indonesia, pemerintah melalui departemen terkait telah mengeluarkan standardisasi perencanaan struktur baja di Indonesia yang telah dituangkan dalam SNI. Saat ini SNI yang berlaku untuk perencanaan baja di Indonesia adalah SNI 03-1729-2002.

Pada SNI yang ada saat ini belum terdapat kekhususan kondisi yang menyesuaikan dengan kualitas dan dimensi profil baja yang ada di Indonesia. SNI 03-1729-2002 hanya terdapat cara perhitungan perencanaan struktur baja secara general, yang diadopsi dari AISC. Sedangkan dalam AISC sendiri sudah ada grafik yang memudahkan para perencana dalam melakukan *pre-eliminary design* dengan kondisi profil baja yang beredar di Amerika. Agar SNI pada masa mendatang lebih menyesuaikan dengan kondisi profil yang beredar di pasaran Indonesia, maka penulis dalam hal ini ingin membahas tentang *design strength* kolom baja yang terbebani beban aksial dan berada pada kondisi *braced frame*, juga dipengaruhi oleh faktor kelangsingan yang akan dituangkan melalui grafik.

I.2 PERUMUSAN MASALAH

Belum tersedianya grafik strength aksial untuk kolom pada SNI untuk mempermudah para penggunanya.

I.3 TUJUAN PENELITIAN

Melengkapi SKSNI baja Indonesia dengan grafik Strength aksial untuk kolom dengan kondisi profil yang ada di Indonesia dan relatif mudah digunakan.

I.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini terdapat batasan dan ruang lingkup yang akan dilakukan guna lebih mengarahkan pada tujuan yang relevan sesuai dengan judul yang diajukan, adalah sebagai berikut :

- Standar perhitungan menggunakan metode LRFD yang disesuaikan dengan SNI baja
- Mutu baja yang ditinjau adalah F_y 210, 240, 245, 250, 290 dan 410 MPa
- Struktur yang ditinjau adalah struktur kolom yang berada pada *braced frame* dengan asumsi hanya terjadi gaya aksial yang bekerja dan kekuatan yang diperhitungkan adalah kuat tekan (P_n)
- Faktor-faktor reduksi kekuatan (ϕ) yang dipakai tercantum dalam SNI
- Beban-beban yang akan bekerja pada struktur kolom harus ditentukan sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia 1983
- Profil baja yang ditinjau adalah profil *Wide Flange*, yang diproduksi oleh PT. Gunung Garuda yang beredar di Indonesia

I.5 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan tugas skripsi ini metode yang digunakan adalah studi literatur, adapun sumbernya adalah buku-buku tentang konstruksi dan perencanaan struktur baja, dan literatur-literatur yang berhubungan dengan topik yang dibahas, baik sumber kepustakaan maupun internet.

I.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara sistematis, penulisan skripsi ini akan dibagi menjadi beberapa bab yang akan memuat topik yang akan dibahas. Sistematis penulisan yang terdapat pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian serta sistematis penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Terdiri dari teori-teori yang telah dipelajari oleh penulis untuk digunakan pada bab III sebagai metode eksperimen. Teori-teori yang diambil secara umum adalah mengenai struktur baja dengan ketentuan yang berlaku mengacu pada SNI 03-1729-2002 yang sedikit banyak mengadopsi dari AISC 2005.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari prosedur analisis data pada penelitian ini

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan terdiri dari hasil perhitungan penelitian secara teoritis oleh penulis

BAB V KESIMPULAN

Bab terakhir berisikan kesimpulan dan saran mengenai penelitian yang dilakukan.

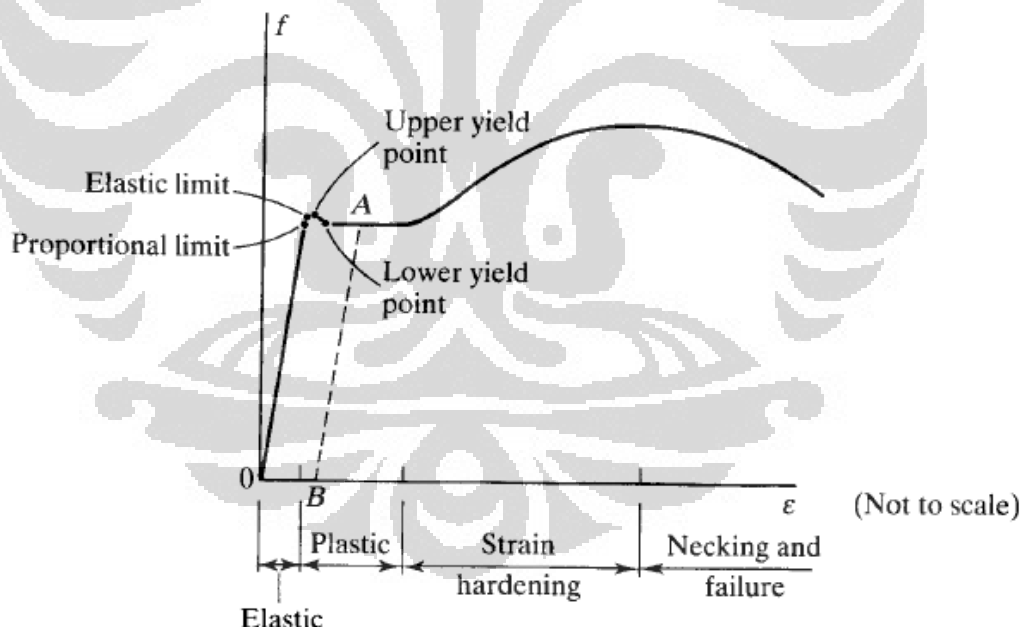
BAB II

DASAR TEORI

II.1 Bahan Baja Struktural

Bahan baja adalah bahan bangunan yang sering digunakan untuk merealisasikan suatu bangunan dalam waktu cepat. Hal ini dimungkinkan karena bahan bangunan baja telah dibentuk atau dicetak terlebih dahulu dalam bentuk-bentuk profil dalam berbagai ukuran.

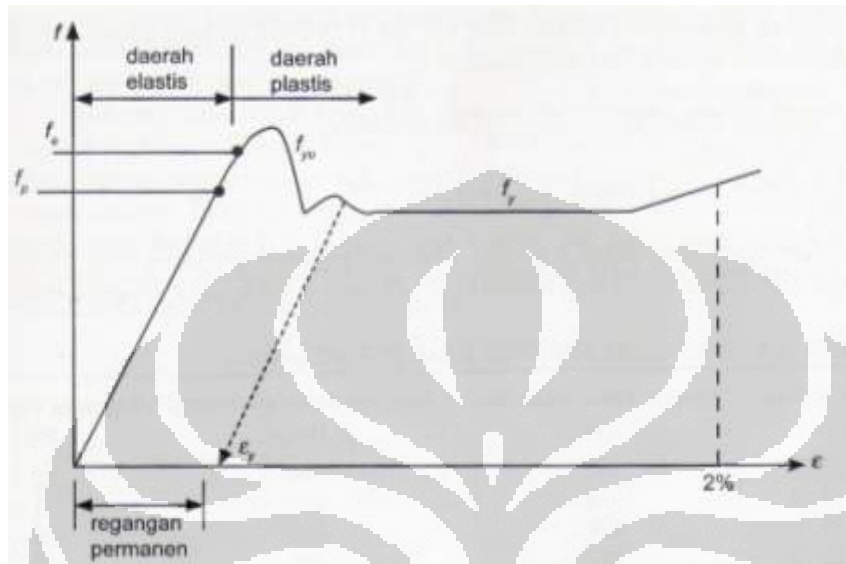
Terminology elastis dan plastis, strain hardening, modulus elastisitas, tegangan leleh (f_y), tegangan ultimate (f_u) dan daktilitas, merupakan perilaku dan besaran-besaran yang umum dipakai dalam menentukan kekuatan dan perubahan bentuk struktur.



Gambar 2.1 Grafik Tegangan dan Regangan Baja

Daerah elastis adalah daerah dimana bahan atau struktur mempunyai kemampuan untuk kembali pada bentuk asalnya, setelah beban-beban yang bekerja padanya dihilangkan.

Daerah plastis adalah lawan dari daerah elastis, yaitu bahan atau struktur tidak mempunyai kemampuan lagi untuk kembali ke bentuk asalnya, sehingga terjadi perubahan bentuk permanen (*residual deformation*, sehingga terjadi *residual stress*).



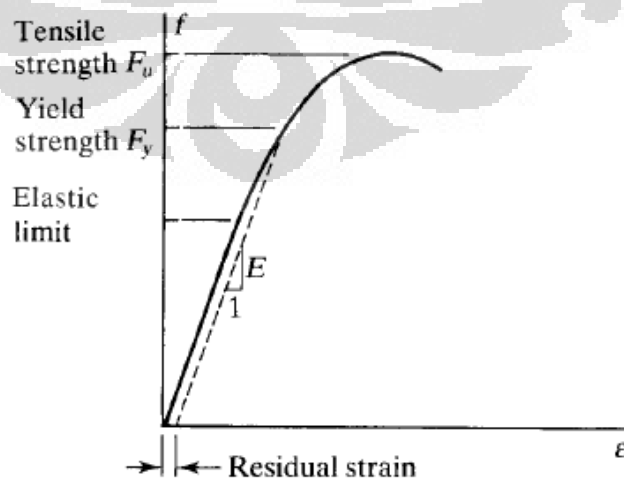
Gambar 2.2 Detail Grafik Tegangan dan Regangan Baja

Titik-titik penting dalam kurva regangan-regangan antara lain adalah:

- f_p : batas proporsional
- f_e : batas elastis
- f_{yu}, f_y : tegangan leleh atas dan bawah
- f_u : tegangan putus
- ϵ_{sh} : regangan saat mulai terjadi efek *strain-hardening* (penguatan regangan)
- ϵ_u : regangan saat tercapainya tegangan putus

Titik-titik penting ini membagi kurva tegangan-regangan menjadi beberapa daerah sebagai berikut:

1. Daerah linier antara 0 dan f_p , dalam daerah ini berlaku Hukum Hooke, kemiringan dari bagian kurva yang lurus ini disebut sbagai Modulus Elastisitas atau Modulus Young, $E (=f/ \epsilon)$
2. Daerah elastis antara 0 dan f_e , pada daerah ini jika beban dihilangkan maka benda uji akan kembali ke bentuk semula atau dikatakan bahwa benda uji tersebut masih bersifat elastik
3. Daerah plastis yang dibatasi oleh regangan antara 2% hingga 1,2-1,5%, pada bagian ini regangan mengalami kenaikan akibat tegangan konstan sebesar f_y . Daerah ini dapat menunjukkan pula tingkat daktilitas dari material baja tersebut. Pada baja mutu tinggi terdapat pula daerah plastis, namun pada daerah ini tegangan masih mengalami kenaikan. Karena itu baja jenis ini tidak mempunyai daerah plastis yang benar-benar datar sehingga tak dapat dipakai dalam analisa plastis
4. Daerah penguatan regangan (*strain-hardening*) antara ϵ_{sh} dan ϵ_u untuk regangan lebih besar dari 15 hingga 20 kali regangan elastis maksimum, tegangan kembali mengalami kenaikan namun dengan kemiringan yang lebih kecil daripada kemiringan daerah elastis. Daerah ini dinamakan daerah penguatan regangan (*strain-hardening*), yang berlanjut hingga mencapai tegangan putus. Kemiringan daerah ini dinamakan modulus penguatan regangan (E_{st})



Gambar 2.3 Grafik Residual Strain Baja

Daktilitas adalah kemampuan bahan atau struktur untuk melakukan perubahan bentuk dalam domain inelastis, dinyatakan dalam nilai perbandingan antara perubahan bentuk batas dengan perubahan bentuk pada saat keadaan leleh (inelastis) yang pertama kali dicapai.

Dalam suatu peraturan atau pedoman perencanaan baja, maka batas-batas elastis, tegangan batas, dan daktilitas diatur sebagai rambu-rambu perencanaan kekuatan serta pemilihan bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bangunan.

Dalam perencanaan struktur baja, SNI 03-1729-2002 mengambil beberapa sifat-sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu:

Modulus Elastisitas, E = 200.000 MPa

Modulus Geser, G = 80.000 MPa

Angka Poison = 0,30

Koefisien muai panjang, α = $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Sedangkan berdasarkan tegangan leleh dan tegangan putusnya, SNI 03-1729-2002 mengklasifikasikan mutu dari material baja menjadi 5 kelas mutu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tabel Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis baja	Tegangan Putus	Tegangan Lelah	Regangan Minimum (%)
	Minimum, F_u (Mpa)	Minimum, F_y (MPa)	
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Nilai daktilitas dari berbagai material baja berbeda-beda. Baja mutu tinggi memiliki nilai daktilitas yang lebih rendah dibandingkan misalnya mutu BJ 37. Beberapa baja mutu tinggi bahkan memiliki nilai daktilitas mendekati satu, atau dengan kata lain hampir tidak ada bagian yang mendatar pada kurva tegangan-regangan.

II.2 Konsep metode LRFD

Sebelum digunakannya metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) para perencana menggunakan sistem perturan ASD (*Allowable Stress Design*) atau dikenal juga dengan sebutan atau lebih dikenal dengan metode elastic. Perhitungan beban yang akan dipikul oleh struktur dan perhitungan dimensi dan kekuatan struktur berdasarkan batas tegangan ijin.

Belakangan ini para perencana beralih menggunakan Metode LRFD, yaitu sebuah metode perhitungan dan perencanaan dengan prinsip mendesain sampai batas plastis. Metode LRFD menggunakan konsep faktor reduksi kekuatan dan faktor pengali beban yang memungkinkan tercapainya suatu konstruksi baja yang lebih aman dan ekonomis.

LRFD didasarkan pada filosofi kondisi batas (*limit state*). Istilah kondisi batas digunakan untuk menjelaskan kondisi dari suatu struktur yang tidak menjalankan fungsinya. Kondisi batas dibagi dalam dua kategori, yaitu kondisi batas kekuatan (*strength limit*) dan batas layan (*serviceability limit*).

Kondisi kekuatan batas (*strength limit state*) didasarkan pada keamanan ataukapasitas daya dukung beban dari struktur termasuk kekuatan plastis, tekuk (*buckling*), hancur, fatik, guling, dll.

Kondisi batas layan (*serviceability limit state*) berhubungan dengan performa struktur dibawah beban normal dan berhubungan dengan hunian struktur yaitu defleksi yang berlebihan, gelincir, vibrasi, retak, dan lain-lain.

Struktur tidak hanya harus mampu mendukung beban rencana atau beban ultimate, tetapi juga beban servis/layan sebagaimana yang disyaratkan pemakai gedung. Misalnya suatu gedung tinggi harus dirancang sehingga goyangan akibat angin tidak terlalu besar yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan, perasaan takut atau sakit. Dari sisi kondisi batas kekuatan, rangka gedung tersebut harus

dirancang supaya aman menahan beban ultimate yang terjadi akibat adanya angin besar 50-tahunan, meskipun boleh terjadi kerusakan kecil pada bangunan dan pengguna merasakan ketidaknyamanan.

Metode LRFD mengkonsentrasikan pada persyaratan khusus dalam kondisi batas kekuatan dan memberikan keleluasaan pada perancang teknik untuk menentukan sendiri batas layannya. Ini tidak berarti bahwa kondisi batas layan tidak penting, tetapi selama ini hal yang paling penting (sebagaimana halnya pada semua peraturan untuk gedung) adalah nyawa dan harta benda publik. Akibatnya keamanan publik tidak dapat diserahkan kepada perancang teknik sendiri.

Dalam LRFD, beban kerja atau beban layan (Q_i) dikalikan dengan faktor beban atau faktor keamanan (λ_i) hampir selalu lebih besar dari 1,0 dan dalam perancangan digunakan 'beban terfaktor'. Besar faktor bervariasi tergantung tipe dan kombinasi pembebanan.

Struktur direncanakan mempunyai cukup kekuatan ultimate untuk mendukung beban terfaktor. Kekuatan ini dianggap sama dengan kekuatan nominal atau kekuatan teoritis dari elemen struktur (R_n) yang dikalikan dengan suatu faktor resistansi atau *factor overcapacity* (Φ) yang umumnya lebih kecil dari 1,0. Faktor resistansi ini dipakai untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam kekuatan material, dimensi, dan pelaksanaan. Faktor resistansi juga telah disesuaikan untuk memastikan keseragaman reliabilitas dalam perancangan.

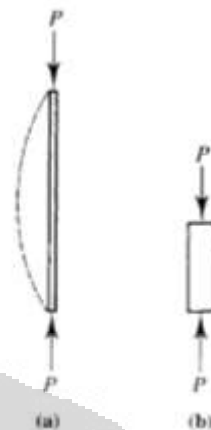
Sebagaimana disebutkan dalam Pasal 6.3 SNI 03-1729-2002, untuk suatu elemen, penjelasan paragraf di atas dapat diringkas menjadi: (Jumlah faktor perkalian beban dan faktor beban) \leq (faktor resistansi) (kekuatan/resistansi nominal).

$$\sum Q_i \lambda_i \leq \Phi R_n$$

(2.1)

Ruas sebelah kiri dari Pers. (2.1) menyatakan pengaruh beban pada struktur sedangkan ruas sebelah kanan menyatakan ketahanan atau kapasitas dari elemen struktur.

II.3 Teori Struktur Kolom



Gambar 2.4 Kolom Langsing dan Kolom Pendek Diberi Beban Aksial

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok atau pelat lantai. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi.

Kolom sebagai elemen tekan juga merupakan elemen penting pada konstruksi. Kolom pada umumnya merupakan elemen vertikal. Namun sebenarnya kolom tidak harus selalu berarah vertikal, bahkan dinding pemikul (*load-bearing wall*) sebenarnya juga dapat dipandang sebagai kolom yang diperluas menjadi suatu bidang. Umumnya, kolom tidak mengalami lentur secara langsung, karena tidak ada beban tegak lurus terhadap sumbunya. Sistem *post and beam* terdiri dari elemen struktur horisontal (balok) diletakkan sederhana di atas dua elemen struktur vertikal (kolom) yang merupakan konstruksi dasar yang digunakan sejak dulu. Pada sistem ini, secara sederhana balok dan kolom digunakan sebagai elemen penting dalam konstruksi.

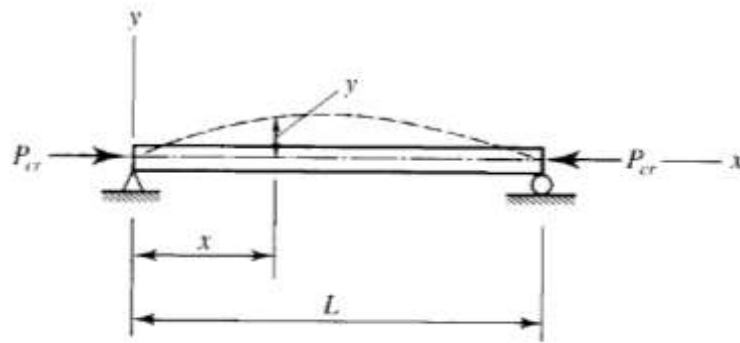
Dengan mempertimbangkan panjang kelangsingan pada batang tekan seperti pada gambar 2.4. Jika beban aksial P diberikan secara berkesinambungan hal tersebut akan menjadikan batang tekan tersebut tidak stabil dan diasumsikan pada garis putus-putus. Batang tersebut dapat dikatakan telah mengalami tekuk dan gaya yang menyebabkan tekuk tersebut disebut beban tekuk kritis. Jika batang tersebut pejal dibutuhkan beban yang lebih besar untuk mencapai titik

ketidakstabilan. Untuk batang yang sangat pejal, kegagalan dapat terjadi oleh kelelahan tekan daripada tekuk. Berdasarkan kegagalan tekan, tegangan tekan P/A akan menjadi seragam pada panjang potongan penampang dititik manapun sepanjang bentang batang tekan tersebut, baik kegagalan leleh maupun kegagalan tekuk. Beban yang menyebabkan tekuk merupakan fungsi dari kelangsingan dan untuk batang yang sangat langsing beban tersebut kecil.

Jika batang tersebut sangat langsing maka tegangan yang terjadi sebelum tekuk berada dibawah batas proporsional (batang tersebut masih didalam batas elastik). Beban tekuk kritisnya dapat dihitung sebagai

$$(2.2) \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2}$$

Dimana E adalah modulus elastisitas material, I adalah momen inersia dari penampang berdasarkan sumbu utama, dan L adalah panjang batang antara titik yang di berikan perletakkan. Untuk persamaan 2.2 dapat digunakan apabila batang tersebut masih didalam keadaan elastis dan batang tersebut harus bebas untuk berotasi tetapi tidak mengalami deformasi lateral. Kondisi ujung tersebut dapat menggunakan perletakkan sendi atau rol. Agar lebih mudah dimengerti pada pernyataan diatas bagian batang tersebut akan diorientasikan menjadi sumbu longitudinal sepanjang sumbu x pada system koordinat pada gambar dibawah ini. Perletakkan rol diinterpretasikan sebagai penahan batang dari translasi keatas maupun kebawah. Beban tekan aksial diberikan dan ditingkatkan nilainya secara terus menerus. Jika suatu beban diberikan pada batang dan juga perubahan bentuk atau defleksi batangnya digambarkan oleh garis putus-putus pada gambar dibawah ini, batang akan kembali kepada posisi awalnya ketika bebannya dilepas, jika beban tersebut nilainya lebih kecil dari beban tekuk kritis. Beban tekuk kritis P_{cr} didefinisikan sebagai beban yang cukup besar untuk mempertahankan batang yang mengalami defleksi ketika beban dilepaskan.



Gambar 2.5 Batang dengan beban Aksial

Persamaan diferensial pada batang yang mengalami defleksi yang masih didalam batas elastis berdasarkan lentur adalah

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI} \quad (2.3)$$

Dimana x melokasikan sebuah titik sepanjang sumbu longitudinal pada batang tersebut, y adalah defleksi pada suatu sumbu di titik tersebut dan m adalah momen lentur pada titik tersebut. Jika kita memulai dari titik yang mengalami tekuk berdasarkan gambar 2.5, momen lentur dari $P_{cr}y$. persamaan 2.3 dapat ditulis sebagai

$$y'' + \frac{P_{cr}}{EI} y = 0 \quad (2.4)$$

Dimana persamaan utama berdasarkan sumbu x merupakan orde kedua linear. Persamaan diferensial biasa dengan koefisien konstan dapat diselesaikan oleh

$$y = A \cos(cx) + B \sin(cx) \quad (2.5)$$

Dimana

$$c = \sqrt{\frac{P_{cr}}{EI}} \quad (2.6)$$

Dan A dan B adalah konstan. Nilai konstan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan beberapa kondisi batas dibawah ini

$$\text{At } x = 0, y = 0: \quad 0 = A \cos(0) + B \sin(0) \quad A = 0$$

$$\text{At } x = L, y = 0: \quad 0 = B \sin(cL)$$

Kondisi terakhir dimana $\sin(cL)$ harus sama dengan 0 jika nilai B tidak sama dengan 0 (salah satu solusi berdasarkan $p=0$). Untuk $\sin(cL)=0$
 $cL = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots = n\pi, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Dari

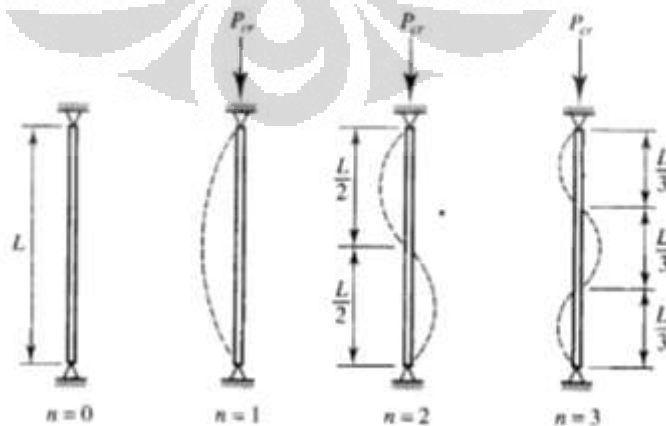
$$c = \sqrt{\frac{P_{cr}}{EI}}$$

Kita mendapatkan

$$cL = \left(\sqrt{\frac{P_{cr}}{EI}} \right) L = n\pi, \quad \frac{P_{cr}}{EI} L^2 = n^2 \pi^2 \quad \text{dan} \quad P_{cr} = \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2}$$

Berbagai macam nilai n yang berdasarkan pada tipe tekuk yang berbeda; $n=1$ merepresentasikan mode pertama atau tipe pertama, $n=2$ meruakan tipe kedua, dst. Nilai 0 pada kasus diatas dalam keadaan tidak diberikan beban. Berbagai macam mode tekuk ditunjukkan pada gambar 2.6. nilai-nilai n yag lebih besar dari satu tidak dapat diaplikasikan tetapi hanya pada batang tekan yang secara fisik dapat menahan defleksi pada titik dimana perubahan dari kurvatur mulai terjadi. Solusi dari persamaan diferensialnya adalah

$$y = B \sin \left(\frac{n\pi x}{L} \right) \quad (2.7)$$



Gambar 2.6 Berbagai Kemungkinan Tekuk yang Akan Dialami Batang Tekan

Dan koefisien B tidak tetap. Hasil ini merupakan konsekuensi dari pendekatan yang dibuat didalam memformulasikan persamaan diferensial; representasi linear dari fenomena non linear.

Untuk kasus pada umumnya batang tekan yang tidak memiliki perletakan diantara kedua ujungnya maka dapat diambil nilai $n = 1$ dan persamaan eulernya menjadi

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

(2.8)

Akan lebih mudah apabila ditulis sebagai

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} = \frac{\pi^2 EAr^2}{L^2} = \frac{\pi^2 EA}{(L/r)^2}$$

(2.9)

Dimana A adalah luas potongan penampang dan r adalah jari-jari girasi berdasarkan sumbu yang terjadi tekuk. Perbandingan L/r adalah rasio kelangsingan dan dapat digunakan kelangsingan batang dengan nilai-nilai yang lebih besar untuk batang yang langsing.

Jika beban kritis didistribusikan seluas luasan potongan penampang tegangan tekuk kritisnya dapat dihitung sebagai

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2}$$

(2.10)

Pada tegangan tekan ini tekuk akan terjadi pada sumbu berdasarkan nilai r. buckling akan terjadi pada tempat yang nilai bebannya ditingkatkan dari persamaan 2.8 dan kolom akan menjadi tidak stabil pada sumbu utama pada rasio kelangsingan. Sumbu ini biasanya adalah sumbu yang memiliki nilai momen inersia yang lebih kecil. Kemudian momen inersia minimum dan jari-jari girasi pada potongan penampang sebaiknya digunakan pada persamaan 2.8 dan 2.10.

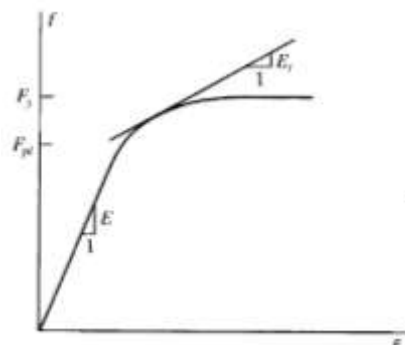
Penelitian awal menemukan bahwa persamaan euler kurang memberikan hasil yang memadai untuk baja pejal atau kelangsingan yang kecil pada batang tekan. Alasannya adalah rasio kelangsingan pada tipe ini menyebabkan tegangan tekuk yang besar. Jika tegangan yang terjadi pada saat mulai terjadi tekuk nilainya lebih besar dari batas proporsional dari material, hubungan antara tegangan dan

regangan tidak linear dan modulus elastisitas E tidak dapat lagi digunakan. Kesulitan ini telah diselesaikan oleh Friedrich Engesser yang mempublikasikan hal ini pada tahun 1889 dengan menggunakan berbagai modulus tangensial atau E_t pada persamaan 2.8. untuk material dengan kurva tegangan regangan seperti pada gambar 2.6, nilai E tidak konstan untuk tegangan regangan yang lebih besar dari nilai batas proporsional F_{pl} . Modulus tangensial E_t didefinisikan sebagai perubahan penurunan terhadap tangensial pada kurva tegangan regangan dengan nilai f antara F_{pl} dan F_y . Jika tegangan tekan pada saat itu, P_{cr}/A dalam batasan ini dapat dihitung sebagai

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E_t I}{L^2} \quad (2.11)$$

Persamaan 2.11 diidentifikasi sebagai persamaan euler kecuali nilai E_t menggantikan nilai E .

Kurva tegangan regangan yang ditunjukkan pada gambar 2.5 berbeda dari yang ditunjukkan sebelumnya untuk baja yang daktail karena didalamnya memiliki areal yang non linear. Kurva ini adalah hasil yang umum dari tes tekan pada baja W dengan bentang yang pendek. Yang disebut potongan kolom, daripada hasil yang dihasilkan dari tes tarik. Kondisi non linear merupakan hal yang utama karena hal tersebut merepresentasikan tegangan sisa pada penampang W . ketika penampang giling panas mulai mendingin setelah digiling, seluruh elemen pada potongan penampang tidak mendingin secara keseluruhan. Ujung pada sayap mendingin lebih cepat dibandingkan sambungan antara sayap dengan badan. Akibat perubahan suhu yang tidak merata mengakibatkan tegangannya tetap secara permanen. Faktor lain seperti pengelasan dan giling dingin untuk membentuk kurvatur pada balok, yang berkontribusi pada tegangan sisa tetapi proses pendinginan merupakan sumber utamanya.



Gambar 2.7 Kurva Tegangan Regangan dari Tes Tekan Baja W dengan Bentang Pendek

Perlu diingat bahwa E_t nilainya lebih kecil daripada E untuk perbandingan L/r berdasarkan pada beban kritis yang lebih kecil atau P_{cr} . Karena variasi nilai dari E_t maka perhitungan nilai P_{cr} pada areal inelastik dengan menggunakan persamaan 2.11 cukup sulit digunakan. Secara umum pendekatan trial and error harus digunakan dan kurva tegangan regangan akibat tekan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 harus menggunakan nilai E_t untuk percobaan nilai P_{cr} . Untuk alasan ini sebagian besar spesifikasi desain termasuk spesifikasi AISC mengandung rumus empiris untuk kolom inelastik.

Teori modulus tangen Engesser memiliki ketidaksempurnaan yang ditunjukkan oleh beberapa ketidakkonsistenan. Engesser telah diyakinkan oleh pernyataan mereka dan pada tahun 1895 dia memperbaharui teorinya untuk menampung pengurangan modulus yaitu dengan nilai antara E dan E_t . Hasil tes bagaimanapun juga selalu yang paling mendekati dengan teori modulus tangensial. Shanley (1947) membuat resolusi dari ketidakonsistenan yang terlihat dari teori awal dan rumus modulus tangensial yang terbaru yaitu persamaan 2.11 dapat diterima dengan perubahan untuk tekuk inelastik. Nilai beban diprediksi dengan persamaan ini merupakan batas bawah dari nilai beban kritis yang sebenarnya, persamaan tersebut memiliki nilai yang mendekati.

Untuk berbagai material, tegangan tekan kritis dapat diplot sebagai fungsi dari kelangsingan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.6. Kurva modulus tangensial adalah tangent dari kurva euler pada titik yang ditinjau terhadap batas proporsional dari material. Kurva komposit yang biasa disebut kurva kekuatan kolom, secara lengkap menggambarkan kekuatan pada kolom apapun pada suatu material. Selain dari F_y , E , dan E_t merupakan property material maka kekuatannya adalah fungsi dari rasio kelangsingan.

II.4 Tekuk Euler

Beban tekuk kritis untuk kolom yang ujung-ujungnya sendi disebut sebagai beban tekuk Euler, yang dinyatakan dalam Rumus Euler :

$$(2.12) \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(L)^2}$$

P_{cr} = critical buckling load of the column

E = Modulus Elastisitas

I = Momen Inersia

L = panjang kolom diantara kedua ujung perletakan

π = konstanta = 3,14

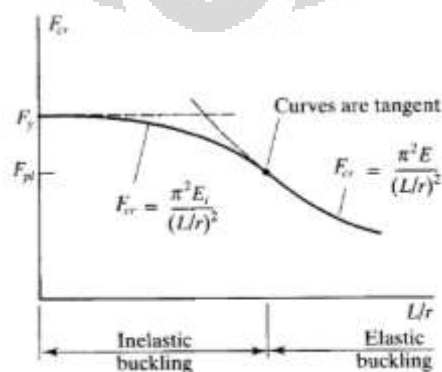
Jika sebuah kolom dibebani secara aksial dan beban tersebut ditambah secara perlahan dan bertahap, maka beban itu akan mencapai puncak dengan harga sebesar P_{cr} dan dapat menyebabkan tekuk pada kolom.

Rumus Euler berdasarkan asumsi :

- Material baja masih dalam batas elastis linear
- Tidak ada tegangan sisa (*residual stress*)
- Kolom benar-benar lurus
- Beban aksial benar-benar bekerja di titik berat penampang, tidak ada eksentrisitas
- Kolom memiliki perletakan (*pinned*) dikedua ujung

Kondisi ideal di atas tidak pernah tercapai kenyataannya. Tegangan yang diharapkan akan tidak seragam karena :

- Ketidaksengajaan terjadinya eksentrisitas.
- Batang tidak benar-benar lurus
- Telah terjadi *residual stress* pada proses pabrikan.



Gambar 2.8 Kurva Modulus Tangensial

Pada dua kondisi pertama umumnya tidak memiliki momen lentur pada batang sebelum tekuk terjadi. Sebagaimana telah di jelaskan sebelumnya, momen akan terjadi, tetapi secara umum dapat diabaikan. Kebutuhan akan diperlukannya perletakan pada ujung batang adalah suatu hal yang penting dan memungkinkan untuk perletakan lain. Kondisi yang diperlukan untuk perletakan sendi pada ujung batang adalah batang tersebut harus tahan terhadap translasi lateral tetapi tidak terhadap rotasi pada ujungnya. Untuk membuat perletakan sendi tanpa gesekan sangat tidak mungkin, maka kondisi perletakan ini hanya dapat dihitung dengan baik dengan cara pendekatan. Sangat jelas bahwa semua kolom harus bebas untuk berdeformasi secara aksial.

Kondisi ujung yang lain dapat dihitung berdasarkan kondisi awalnya pada gambar 2.5. Secara umum momen lentur merupakan fungsi dari x , dan menghasilkan persamaan diferensial untuk kolom yang non homogen. Kondisi batasnya akan berbeda dari persamaan-persamaan awal, tetapi proses secara keseluruhan sama saja. Suatu bentuk untuk menghasilkan persamaan P_{cr} juga sama saja. Sebagai contoh, terdapat suatu batang tekan yang memiliki perletakan sendi pada salah satu ujungnya dan perletakan jepit pada ujung lainnya sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.9. pada kasus ini persamaan eulernya menjadi

$$P_{cr} = \frac{2,05\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.13)$$

Atau

$$P_{cr} = \frac{2,05\pi^2 EA}{(L/r)^2} = \frac{\pi^2 EA}{(0,7L/r)^2} \quad (2.14)$$

Kemudian batang tekan ini memiliki kapasitas beban yang sama dengan kolom yang memiliki perletakan sendi pada kedua ujungnya dan hanya 70% yang dapat diterima. Perlakuan yang sama dapat ditemukan pada kolom dengan perletakan lainnya.



Gambar 2.9 Batang dengan Perletakan Jepit – Sendi diberikan Beban Aksial

Permasalahan tekuk pada kolom dapat dirumuskan berdasarkan persamaan diferensial ordo keempat dari persamaan 2.4. hasil yang didapat sangat cocok didalam menghitung konsisi batas selain perletakan sendi.

Untuk lebih jelasnya, persamaan beban tekuk kritis dapat ditulis sebagai

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} \text{ atau } P_{cr} = \frac{\pi^2 E_t A}{(KL/r)^2}$$

(2.15a/2.15b)

Dimana KL adalah panjang efektif dan K adalah faktor panjang efektif. Faktor panjang efektif untuk perletakan jepit untuk batang tekan adalah 0,7. Untuk kondisi yang paling banyak digunakan untuk perletakan jepit yang menahan rotasi dan translasi nilai $K=0,5$. Nilai K untuk hal ini dan kasus lain dapat dihitung dengan acuan table C-C2.2 didalam spesifikasi AISC. Dari tiga kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya termasuk didalam table tersebut, sebagaimana untuk perletakan lainnya. Dua nilai dari K diberikan: yaitu nilai secara teoritis dan nilai yang direkomendasikan untuk desain yang digunakan didalam perhitungan dengan kondisi perletakan ujung yang ideal. Untuk alasan ini, kecuali perletakan jepit yang sempurna nilai desain yang konservatif dapat digunakan. Hanya dibawah keadaan yang paling tidak umum harus menggunakan nilai secara teoritis untuk dilakukan pendekatan. Dapat diingat, bagaimanapun juga, baik nilai secara teoritis maupun nilai yang direkomendasikan adalah sama untuk kondisi (d) dan (f) didalam table C-C2.2. Alasan dari perbedaan nilai untuk perletakan sendi tanpa gesekan sehingga menghasilkan tahanan rotasi dapat memperkecil nilai K.

kemudian penggunaan nilai-nilai secara teoritis pada kedua kasus ini merupakan kasus secara umum.

Penggunaan panjang efektif KL terhadap panjang sebenarnya yang secara langsung dihitung sebagai L masih secara umum digunakan tanpa ada pertimbangan lebih lanjut. Kurva kekuatan kolom pada gambar 2.9 adalah kurva yang tidak dapat dirubah kecuali dengan mengubah absis KL/r . tegangan tekuk kritis dengan hubungan terhadap panjang batang baik aktual maupun efektif nilainya tetap sama.

Tabel 2.2 Nilai K berdasarkan kondisi ujung-ujung yang Ideal (Sumber SNI)

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai k_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

II.5 Peraturan AISC untuk Desain Kolom

Peraturan dasar untuk batang tekan dijelaskan didalam bab E pada peraturan AISC. Kuat tekan nominalnya adalah

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (2.16)$$

Untuk LRFD

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (2.17)$$

Dimana

P_u = jumlah beban-beban terfaktor

ϕ_c =factor tahanan untuk tekan= 0,9

P_n =desain kuat tekan

Untuk menyesuaikan peraturan AISC untuk tegangan kritis F_{cr} , pertama kali kita mendefinisikan beban kritis euler yaitu

$$P_e = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} \quad (2.18)$$

Persamaan diatas adalah beban tekuk kritis berdasarkan persamaan euler. Kemudian persamaan tegangan dari persamaan euler adalah.

$$F_e = \frac{P_e}{A} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (2.19)$$

Dengan sedikit modifikasi, persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung tegangan kritis didalam batas elastic. Untuk mendapatkan tegangan kritis pada kolom elastic, nilai tegangan euler dikurangi untuk mengantisipasi kerusakan kolom setempat.

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (2.20)$$

Untuk kolom inelastic, persamaan modulus tangensial pada persamaan 2.15b, dapat digantikan oleh persamaan eksponen sebagai berikut.

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y \quad (2.21)$$

Dari persamaan 2.21, solusi untuk menghitung kolom inelastis dapat dipenuhi, menghindari pendekatan dengan menggunakan metode trial and error didalam penggunaannya untuk persamaan modulus tangensial. Batasan antara kolom inelastic dan elastic, persamaan 2.20 dan 2.21 memberikan nilai yang sama terhadap nilai F_{cr} , hal ini terjadi ketika KL/r dihitung dengan menggunakan rumus.

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.22)$$

Maka

$$\text{Ketika } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$$

(2.23)

$$\text{Ketika } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = 0.877 F_e$$

(2.24)

Peraturan-peraturan AISC menyediakan sifat-sifat yang berbeda untuk keadaan inelastic dan elastic berdasarkan kepada nilai KL/r atau nilai F_e . Batasan untuk nilai F_e dari persamaan AISC E3-4 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\frac{KL}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_e}}$$

(2.25)

$$\text{Untuk } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}},$$

$$\sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_e}} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e \geq 0.44 F_y$$

(2.26)

Peraturan AISC untuk kuat tekan secara lengkap dapat dihitung.

$$\text{Ketika } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } F_e \geq 0.44 F_y,$$

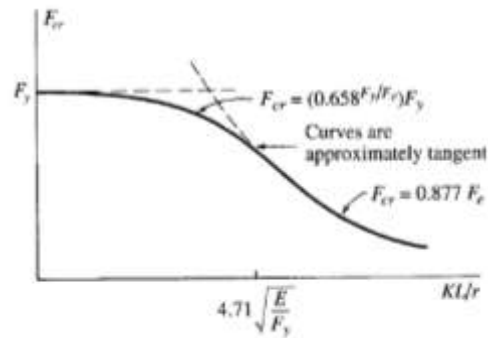
(2.27)

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e}\right) F_y$$

$$\text{Ketika } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } F_e < 0.44 F_y,$$

(2.28)

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$



Gambar 2.10 Kurva desain kekuatan kolom

Persamaan 2.27 dan 2.28 merupakan versi yang lebih sederhana dari lima persamaan yang mencakup lima kondisi KL/r (Galambos 1988). Persamaan-persamaan ini dihasilkan dari eksperimen saja dan studi teoritis untuk menghitung efek dari tegangan sisa dan batasan lendutan $L/1500$ dimana L adalah panjang batang.

Walaupun AISC tidak memberikan batasan terhadap rasio kelangsingan KL/r suatu batasan kemudian ditentukan yang bernilai 200 sebagaimana yang telah direkomendasikan. Hal tersebut merupakan batasan praktis, karena batang tekan yang sangat langsing akan memiliki nilai kekuatan yang kecil dan tidak akan ekonomis.

Bentuk-bentuk kegagalan yang dapat dipertimbangkan adalah sebagai tekuk lentur dimana batang mengalami lenturan atau bending ketika batang tersebut mengalami ketidakstabilan. Untuk beberapa konfigurasi potongan penampang, batang tersebut akan mengalami kegagalan akibat torsi (tekuk torsional) atau dengan kombinasi dari torsi dan lentur (tekuk lentur torsional).

II.6 Stabilitas Lokal

Kekuatan berdasarkan pada bentuk kegagalan apapun tidak dapat dihitung, bagaimanapun juga, jika elemen-elemen pada potongan penampang sangat tipis akan terjadi tekuk setempat. Bentuk ketidakstabilan ini merupakan tekuk setempat pada lokasi yang terisolasi. Jika hal itu terjadi, potongan penampang tidak lagi menjadi sangat efektif dan batang dapat mengalami kegagalan. Bentuk kegagalan tersebut terjadi pada potongan penampang dengan bentuk I dan H dengan sayap atau badan yang tipis, dan penggunaan penampang tersebut harus dihindari apabila dimungkinkan. Selain itu, nilai kuat tekan yang dihasilkan dari persamaan

2.27 dan 2.28 harus dikurangi. Perhitungan dari kondisi tersebut adalah perbandingan lebar dengan tebal untuk tiap bagian potongan penampang. Dua tipe elemen, keduanya harus dihitung: elemen-elemen yang tidak diperkaku yaitu elemen yang tidak diberikan penahan sepanjang salah satu ujung secara parallel terhadap arah beban dan elemen yang diperkaku yaitu elemen yang diberikan penahan sepanjang kedua ujungnya.

Batasan untuk nilai dari perbandingan antara lebar dengan tebal terdapat di peraturan AISC B4 “klasifikasi penampang untuk tekuk setempat “ dimana bentuk potongan penampang diklasifikasikan sebagai kompak, nonkompak atau langsing berdasarkan nilai dari perbandingan tersebut. Untuk elemen yang mengalami tekan secara seragam sebagaimana yang terdapat pada batang tekan dengan beban aksial, kekuatannya harus dikurangi jika bentuknya memiliki elemen yang langsing. Perbandingan antara lebar dan tebal diberikan dengan nama umum λ . Hal tersebut tergantung pada elemen potongan penampang tertentu, λ untuk penampang I dan H memiliki rumus perbandingan yang sama yaitu b/t atau h/t_w , keduanya akan dijelaskan lebih lanjut. Jika nilai λ lebih besar dari batasan yang spesifik yaitu λ_r maka penampang tersebut langsing, dan potensi terjadinya tekuk setempat harus dipertimbangkan kembali. Untuk penampang I dan H bagian sayapnya harus diasumsikan sebagai elemen yang tidak diperkaku dan lebarnya dapat diambil setengah dari lebar nominal. Dari persamaan AISC λ dapat dihitung sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{b_f/2}{t_f} = \frac{b_f}{2t_f}$$

(2.29)

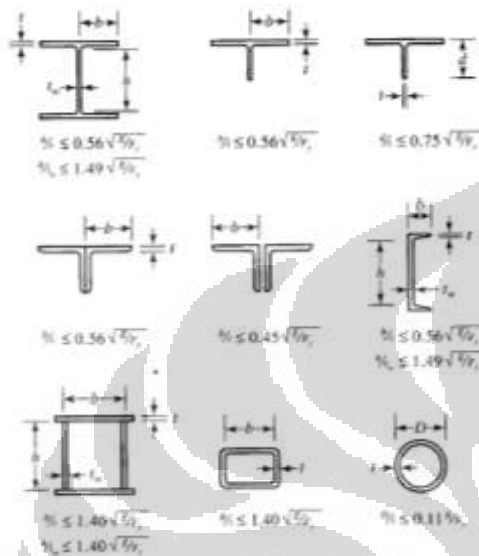
Dimana b_f dan t_f adalah lebar dan ketebalan dari sayap. Batas atasnya adalah.

$$\lambda_r = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

(2.30)

Bagian badan dari penampang I dan H merupakan penampang yang tidak diperkaku dan lebar yang diperkaku adalah jarak antar ujung sayap. Parameter lebar dan tebal adalah

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad (2.31)$$



Gambar 2.11 Nilai batas λ_r untuk berbagai penampang

Dimana h adalah jarak antar ujung sayap dan t_w adalah tebal badan, maka batas atasnya adalah

$$\lambda_r = 1.49 \frac{E}{\sqrt{F_y}} \quad (2.32)$$

Elemen yang diperkaku dan tidak diperkaku dari berbagai bentuk potongan penampang digambarkan pada gambar 2.11. Batasan yang jelas untuk batang tekan adalah λ_r dari AISC B4 dan diberikan untuk tiap kasus.

Suatu hal yang sangat dimungkinkan untuk menggunakan bentuk potongan penampang yang tidak memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal tetapi sebagai batang yang tidak diizinkan untuk menerima beban sebesar yang dibutuhkan. Dengan kata lain kekuatannya dapat dikurangi akibat tekuk setempat. Prosedur keseluruhan untuk membuat pertimbangan tersebut adalah sebagai berikut

- Jika perbandingan lebar dengan tebal λ lebih besar dari λ_r menggunakan peraturan AISC E7 dan menghitung factor reduksi Q.

- Hitung KL/r dan F_e seperti biasa

- Jika $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}}$ atau $F_e \geq 0.44QF_y$,

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y$$

(2.33)

- Jika $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $F_e < 0.44F_y$,

$$F_{cr} = 0.877F_e$$

(2.34)

- Kuat nominalnya $P_n = F_{cr} A_g$

(2.35)

Factor reduksi Q adalah hasil dari dua factor, yaitu Q_s untuk elemen yang tidak diperkaku dan Q_α untuk elemen yang diperkaku. Jika penampang tersebut tidak memiliki elemen langsing yang tidak diperkaku $Q_s=1$. Jika penampang tersebut tidak memiliki elemen langsing yang diperkaku $Q_\alpha=1$.

Banyak dari penampang yang digunakan secara umum sebagai balok merupakan penampang yang tidak langsing dan pengurangan kekuatan tidak diperlukan. Hal ini mencakup keseluruhan penampang W. Bagaimanapun juga, seluruh penampang struktural berlubang (HSS), double siku dan penampang T memiliki elemen langsing.

Spesifikasi AISC pada persamaan 2.34 memberikan prosedur perhitungan Q_s untuk elemen langsing yang tidak diperkaku. Prosedurnya merupakan prosedur secara langsung dan membutuhkan perbandingan antara rasio lebar dengan tebal dengan nilai batas kemudian menghitung Q_s dari suatu bentuk yang merupakan fungsi rasio lebar dengan tebal, F_y dan E.

Perhitungan nilai Q_α untuk elemen langsing yang tidak diperkaku terdapat didalam persamaan 2.33 dan hal itu sedikit lebih sulit daripada prosedur perhitungan untuk elemen yang tidak diperkaku. Prosedur secara umum adalah sebagai berikut

- Hitung luas efektif dari potongan penampang. Hal ini membutuhkan pengetahuan akan tegangan yang ada pada luas efektif, maka proses iterasi diperlukan. Spesifikasi mengizinkan untuk melakukan penyederhanaan sebagai asumsi untuk menghindari proses iterasi.
- Hitung $Q_a = A_{\text{eff}}/A$, dimana A_{eff} adalah luas efektif dan A adalah luas yang sebenarnya

II.7 Keadaan Kekuatan Batas

Komponen struktur tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga daya dukung rencana (ϕN_n) tidak kurang dari pengaruh aksi terfaktor (N_u), yaitu :

$$\phi N_n \geq N_u$$

(2.36)

ϕN_n adalah hasil kali antara daya dukung nominal (N_n) dan faktor reduksi (ϕ).

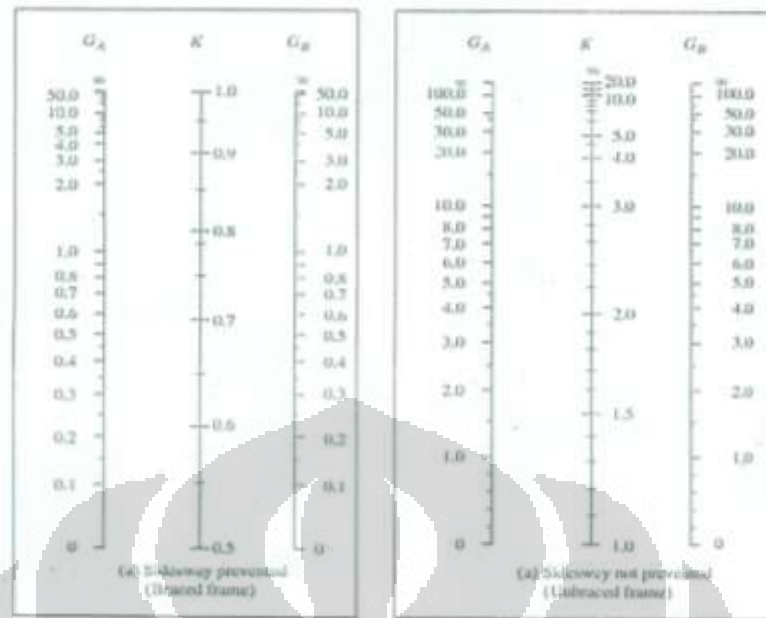
II.8 Panjang Tekuk

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contoh tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian ujung tumpuannya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula resiko mengalami masalah tekuk.

SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.3.1 memberikan daftar nilai factor panjang tekuk untuk berbagai kondisi tumpuan ujung dari suatu kolom. Nilai k ini diperoleh dengan mengasumsikan bahwa kolom tidak mengalami pergoyangan atau translasi pada ujung tumpuannya. Namun dalam kasus portal kaku yang diberi gaya horizontal (portal bergotang), nilai k harus dihitung berdasarkan perbandingan antara inersia penampang dan panjang profil dari kolom maupun balok yang akan diplot dalam sebuah nomogram.

$$G = \frac{\sum \frac{E I_c}{L_c}}{\sum \frac{E I_b}{L_b}}$$

(2.37)



Gambar 2.12 Nomogram untuk mendapatkan nilai K

Persamaan diatas dapat dikecualikan untuk kondisi-kondisi sebagai berikut :

Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku (pinned join) tumpuan sendi, nilai G tidak boleh diambil kurang dari 10.

Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya terhubung secara kaku (fixed join) tumpuan jepit, nilai G tidak boleh diambil kurang dari 1.

Pada kolom unbraced frame (pergoangan tidak dihambat) nomogram pada LRFD dapat dipakai untuk mendapatkan nilai $K > 1$ kolom yang mengalami elastic buckling. Untuk kolom pada braced frame (pergoangan dicegah) dipakai nomogram yang lainnya pada LRFD dengan nilai $K \leq 1$, atau bisa ditetapkan secara sederhana nilai $K = 1$.

Julian dan Lawrence membuat asumsi dinyatakan pada LRFD hal.6-186 untuk menurunkan persamaan untuk faktor K panjang efektif untuk kolom dalam portal. Mereka menggunakan persamaan yang diperoleh dalam mempersiapkan sidesway untuk kolom dalam braced frame.

Persamaan lain yang digunakan dalam nomogram portal bergoyang. Untuk lebih lengkapnya penurunan rumus ini dapat dilihat di Kavanagh [11], Galambos [8], dan Chen Lui [34]. JC Smith menyatakan lebih baik menggunakan persamaan tersebut dalam menentukan nilai K daripada menggunakan nomogram.

Persamaan untuk kolom dalam Braced Frame

$$K_m = \frac{3G_i G_j + 1.4(G_i + G_j) + 0.64}{3G_i G_j + 2.0(G_i + G_j) + 1.28} \quad (2.38)$$

Persamaan untuk kolom dalam UnBraced Frame

$$K_m = \sqrt{\frac{1.6 G_i G_j + 4.0(G_i + G_j) + 7.5}{G_i + G_j + 7.5}} \quad (2.39)$$

II.9 Daya dukung nominal komponen struktur tekan

Parameter kelangsingan kolom (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{KL}{r} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.40)$$

dimana : E : Modulus Elastisitas

f_y : Tegangan Leleh Baja

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (2.41)$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} \quad (2.42)$$

Dimana :

A_g adalah luas penampang bruto, mm^2

f_{cr} adalah tegangan kritis penampang, MPa

f_y adalah tegangan leleh material, MPa

Koefisien tekuk (ω)

Koefisien tekuk (ω) ditentukan oleh parameter kelangsingan batas (λ_c) :

- Untuk $\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$ (2.43.a)

- Untuk $0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$ (2.43.b)

- Untuk $\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$ (2.43.c)

Daya Dukung Kolom Batang Tersusun terhadap Tekan (N)

$$\omega \cdot \frac{N}{A_{total}} = f_y \quad (2.44.a)$$

$$N = \frac{A_{total} \cdot f_y}{\omega} \quad (2.44.b)$$

Tabel 2.3 Perbandingan Perhitungan Kapasitas Batang Tekan pada SNI dan AISC

FB	SNI 03-1729-2000			AISC-LRFD 2005	
	$\lambda_c = \frac{KL}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$			$F_c = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$	
	$\lambda_c \leq 0.25$	$0.25 < \lambda_c < 1.2$	$\lambda_c \geq 1.2$	$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	atau $F_c \geq 0.44 F_y$
Semua profil	$\phi = 1$	$\phi = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \lambda_c}$	$\phi = 1.25 \lambda_c^{-2}$	ya	tidak
	$F_c = \frac{F_y}{\omega}$			$F_c = \left[0.658^{\lambda_c} \right] F_y$	$F_c = 0.877 F_y$
	$P_c = F_c A_g$ $\rightarrow \phi = 0.85$			$P_c = F_c A_g$ $\rightarrow \phi = 0.9$	

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai sifat-sifat baja, konsep dasar metode LRFD, prinsip dasar design kolom hingga didapat kapasitas nominal kolom yang akan dibandingkan dengan panjang efektif kolom tersebut. Literatur-literatur yang digunakan .(lihat Daftar Pustaka).

III.2 Proses Pengumpulan Data

Data baja profil WF didapatkan dari PT. Gunung Garuda Seluruh dimensi profil WF yang diproduksi oleh PT. Gunung Garuda akan dihitung momen nominalnya dan kemudian dibuat grafik hubungan antara momen nominal dengan panjang bentang baja tak terkekang.

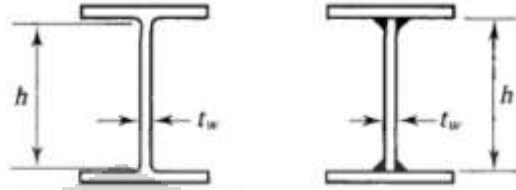
Pengumpulan data dengan cara meminta langsung kepada PT. Gunung Garuda data yang diberikan bisa berupa dimensi saja beserta mutu bajanya atau dalam bentuk tabel yang memuat semua properti penampang dari profil baja WF tersebut, seperti luas dimensi profil, momen inersia, jari-jari girasi, titik berat penampang, dsb. Properti penampang tersebut digunakan di dalam perhitungan momen nominal, apabila tidak terdapat properti penampang, maka di dalam perhitungan akan diperhitungkan kembali nilai-nilai dari semua properti penampang dari profil baja WF tersebut. Selain itu juga diperlukan data panjang maksimum balok-balok profil baja WF tersebut yang diproduksi oleh PT. Gunung Garuda untuk digunakan dalam perhitungan momen nominal.

III.3 Properti Penampang

Apabila tidak terdapat properti penampang di dalam data yang diberikan oleh PT. Gunung Garuda maka langkah awal yang dilakukan di dalam analisis perhitungan adalah dengan menghitung seluruh properti penampang dari seluruh

dimensi profil baja WF dan semua mutu baja yang diproduksi oleh PT. Gunung Garuda Langkah perhitungannya yaitu :

1. Menghitung luas penampang baja profil WF tersebut. Dengan rumus yang berlaku untuk semua penampang profil baja WF.



Gambar 3.1 Properti penampang profil WF

$$A_g = \int b(y) dy$$

$$A_g = \{2 \cdot (t_f \cdot h_f)\} + (h \cdot t_w)$$

2. Menghitung titik berat penampang profil inersia baja profil WF tersebut. Dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i x_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

3. Menghitung Momen Inersia dari penampang baja profil WF tersebut. Dengan rumus sebagai berikut.

$$I = \int b(y) y^2 dy$$

4. Menghitung jari-jari girasi pada penampang baja profil WF tersebut. Dengan rumus sebagai berikut.

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

Setelah didapatkan seluruh nilai properti penampang, maka langkah selanjutnya di dalam analisis perhitungan adalah mengecek stabilitas lokal dengan

menentukan apakah penampang dengan dimensi tertentu merupakan penampang langsing atau tak langsing yang ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut.

a) Langsing $\lambda > \lambda_r$

$$\frac{b}{2t_f} \geq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

b) Tak Langsing $\lambda < \lambda_r$

$$\frac{b}{2t_f} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

III.3.1 Menghitung Kekuatan Penampang Tak Langsing

Setelah diketahui bahwa penampang tersebut tak langsing, maka langkah perhitungan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rasio kelangsingan struktur

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

2. Menghitung batas kelangsingan

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

3. Menentukan jenis tekuk yang terjadi pada penampang

$$\text{Inelastic Buckling} \quad \frac{KL}{r} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{atau} \quad f_e \geq 0.44f_y$$

$$F_{cr} = 0.877f_e$$

$$\text{Elastic Buckling} \quad \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{atau} \quad f_e < 0.44f_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$$

4. Menghitung kekuatan nominal penampang

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

5. Menghitung kekuatan desain

$$\phi P_n = 0.9 P_n$$

III.3.2 Menghitung Kekuatan Penampang Langsing

Apabila diketahui bahwa penampang tersebut langsing, maka langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rasio kelangsingan Struktur

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

2. Menghitung faktor reduksi Q

$$Q = Q_s \times Q_a$$

$$Q_s = 1$$

$$Q_a = A_{eff} / A$$

3. Menghitung batas kelangsingan

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

4. Menentukan jenis tekuk yang terjadi pada penampang

$$\text{Inelastic Buckling} \quad \frac{KL}{r} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}} \quad \text{atau} \quad f_e \geq 0.44 Q f_y$$

$$F_{cr} = 0.877 f_e$$

$$\text{Elastic Buckling} \quad \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{Q f_y}} \quad \text{atau} \quad f_e \geq 0.44 Q f_y$$

$$F_{cr} = Q \left(0.658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y$$

5. Menghitung kekuatan nominal penampang

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

6. Menghitung kekuatan desain

$$\phi P_n = 0.9 P_n$$

III.4 Analisa Perhitungan Berdasarkan SNI 03 - 1729 – 2002

Untuk menghitung kapasitas sebuah kolom berdasarkan SNI 03 - 1729 – 2002 maka harus dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data profil bahan dan geometri penampang seperti tegangan leleh (f_y), modulus elastisitas (E), ukuran penampang, panjang komponen, dll.
2. Periksa rasio lebar/tebal dari plat sayap dan badan.

$$\text{Sayap} \quad \frac{b/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$$

$$\text{Badan} \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

3. Periksa rasio kelangsingan kolom (faktor panjang tekuk, $K=1$)

$$\lambda_x = \frac{K \cdot L}{r_x}$$

$$\lambda_y = \frac{K \cdot L}{r_y}$$

4. Menghitung nilai tegangan kritis tekuk lentur

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

Dengan besarnya ω ditentukan oleh λ_c , yaitu:

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25\lambda_c^2$

5. Menentukan Kapasitas kolom

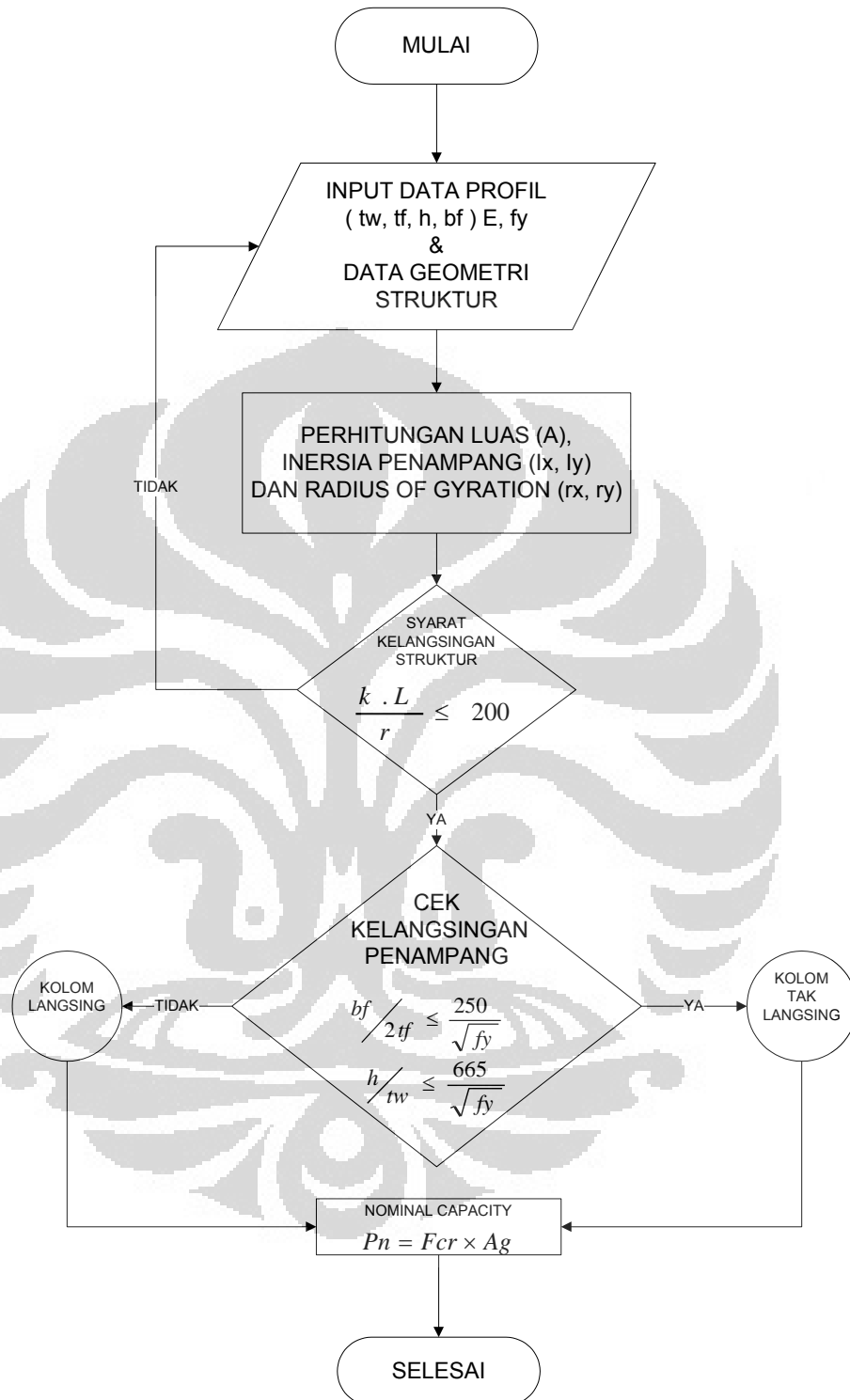
$$N_{cr} = \phi \cdot N_n$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

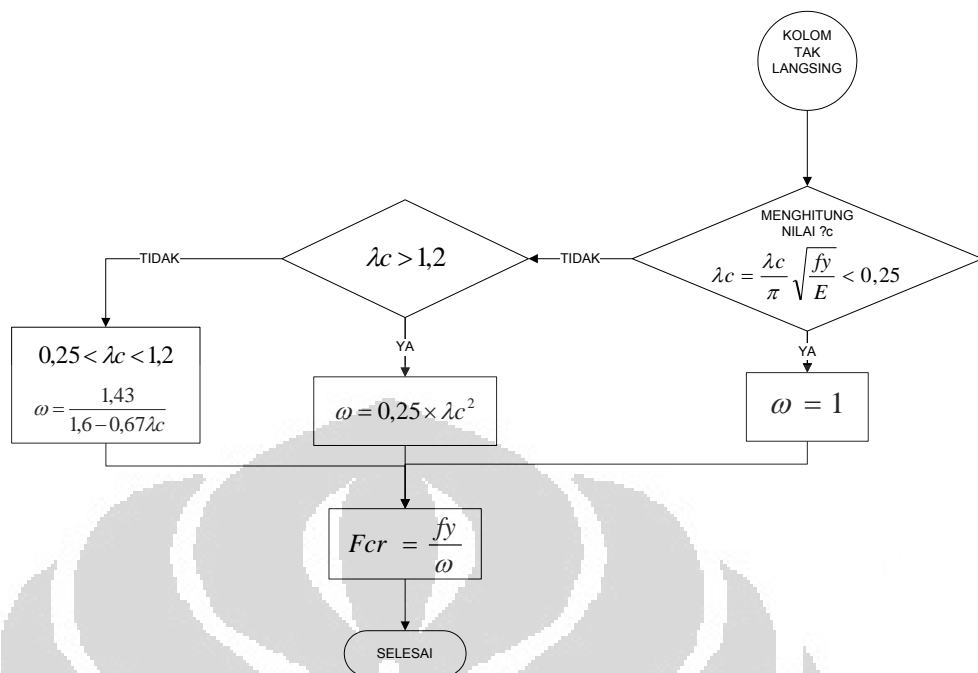
6. Menentukan daya dukung desain

$$N_u = \phi_c \cdot N_n$$

III.5 Bagan Alir Perencanaan Batang Tekan Baja



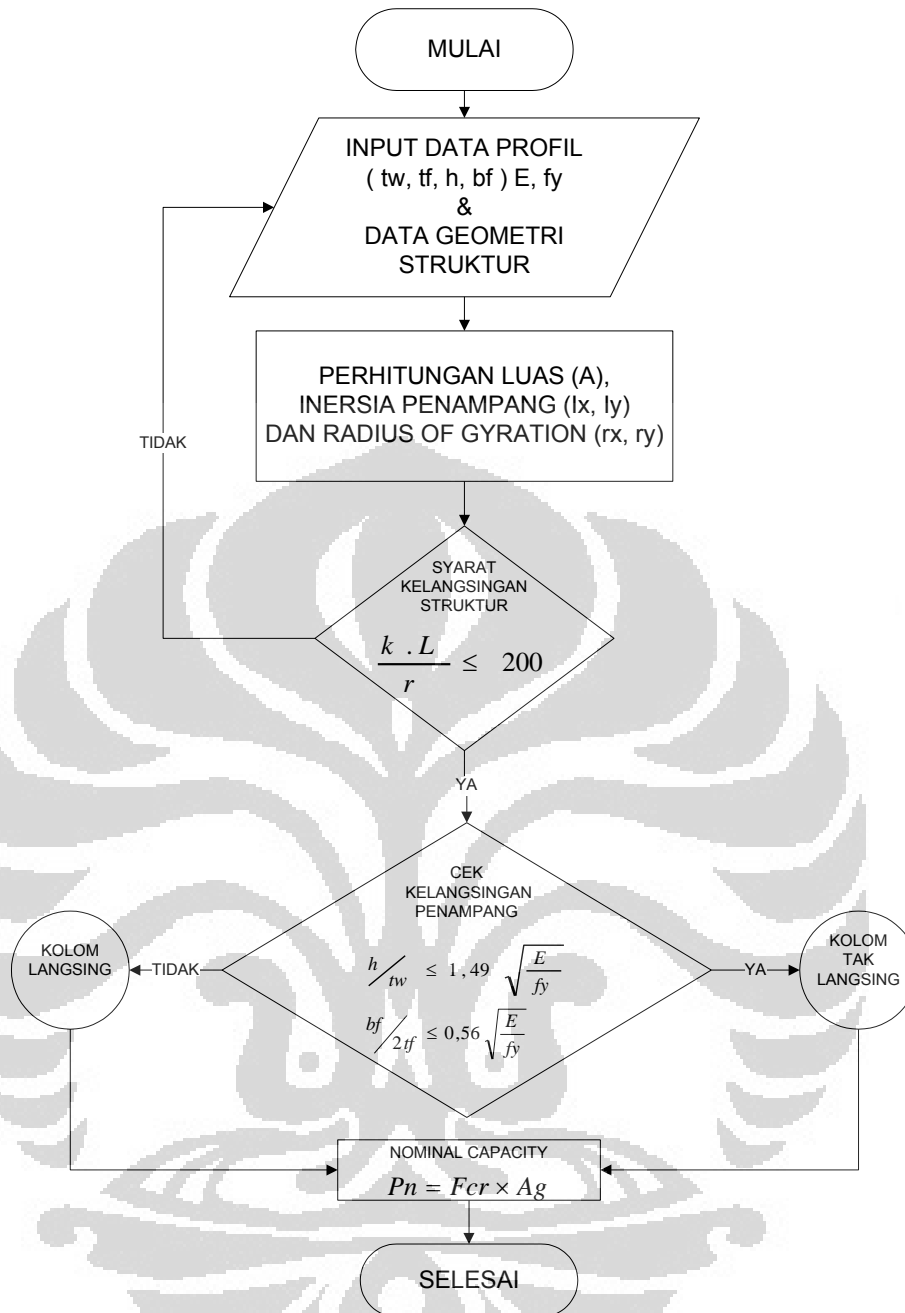
Gambar 3.2 Bagan alir perencanaan batang tekan baja berdasarkan peraturan SNI



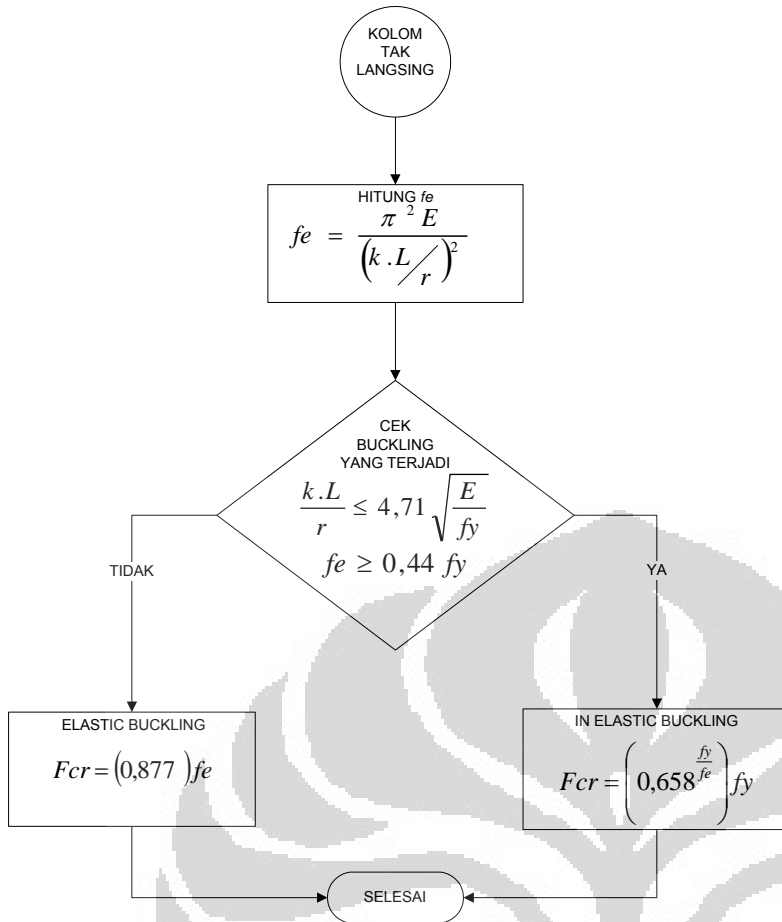
Gambar 3.3 Bagan alir perhitungan kolom tak langsing SNI

Dalam SNI 03-1729-2002 dituliskan bahwa untuk kolom dengan profil yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih besar daripada nilai λ_r pada tabel 7.5-1, perhitungan kekuatannya dilakukan secara tersendiri dengan mengacu pada metode-metode analisis yang rasional (pasal 7.6.2).

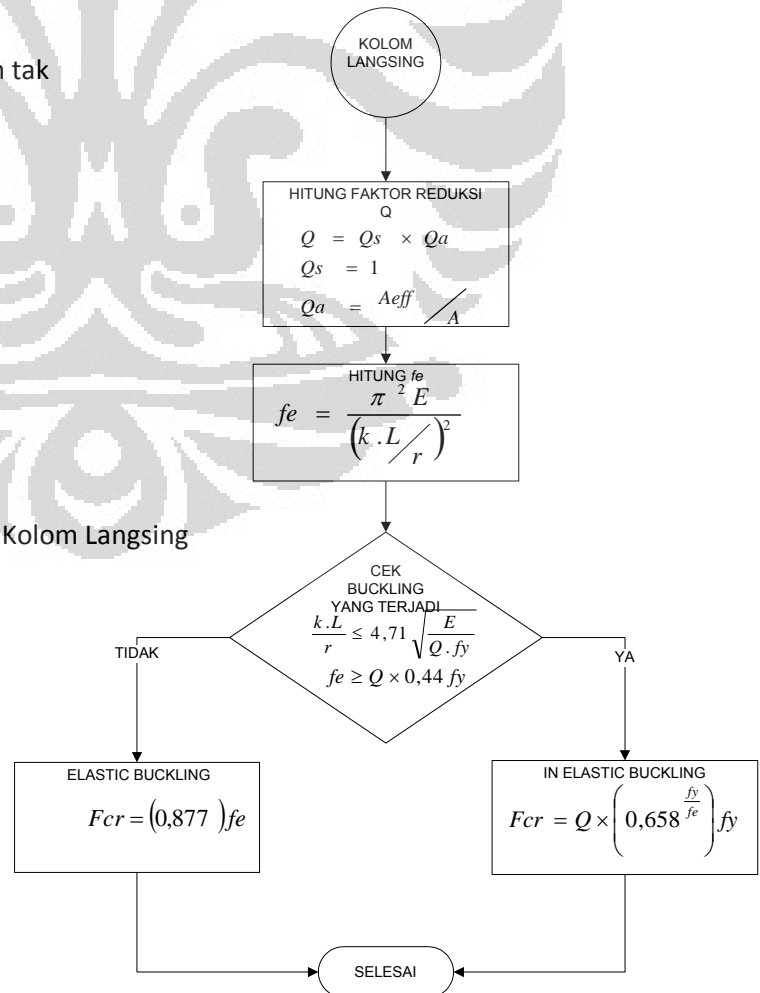
Dari keterangan tersebut maka untuk perhitungan kuat nominal pada kolom langsing digunakan metode dari AISC 2010.



Gambar 3.4 Bagan Alir Perencanaan Batang Tekan Berdasarkan Peraturan AISC



Gambar 3.5 Bagan Alir Perhitungan Kolom tak Langsing AISC



Gambar 3.6 Bagan Alir Perhitungan Kolom Langsing AISC

III. 6. Grafik Design Dengan MATLAB®.

MATLAB® adalah bahasa komputer tingkat atas untuk perhitungan sains dan visualisasi data yang dibuat berdasarkan areal program interaktif¹. Beberapa simbol pada MATLAB antarlain simbol persentase (%) menandakan awal mulanya perintah. Simbol titik-koma (;) memiliki dua fungsi yaitu, yang pertama adalah memerintahkan untuk melakukan *printout* pada hasil dan untuk memisahkan baris dari suatu matriks. Fungsi dan program dapat dibuat dengan MATLAB *editor* dan disimpan dengan menggunakan ekstensi (.m). nama file yang disimpan harus identik dengan nama dari fungsi.

III. 6.1 Tipe Data

Tipe data yang sering digunakan di dalam MATLAB atau kelas adalah *double*, *char*, dan *logical*, dimana semua itu di dalam MATLAB dikenal sebagai arrays atau susunan. Obyek numerik termasuk di dalam kelas *double*. Di mana menggambarkan *double-precision arrays*. Skalar yang ada termasuk susunan 1 x 1. Elemen dari susunan tipe *char* merupakan hubungan dari karakter demi karakter. Kemudian tipe susunan *logical* merupakan elemen yang hanya berisi 1 (*true*) dan 0 (*false*).

Tipe lain yang sangat penting adalah *function_handle*, dimana sangat unik untuk MATLAB. Di dalamnya mengandung informasi-informasi yang dibutuhkan untuk mencari dan menjalankan suatu program. Nama-nama yang ada di dalam *function_handle* terdiri dari karakter @, kemudian diikuti dengan nama dari suatu fungsi. Sebagai contoh, @*sin*. Pengendali fungsi digunakan sebagai input kalimat untuk memanggil fungsi itu kembali. Sebagai contoh apabila kita memiliki fungsi MATLAB *plot(func ,x1 ,x2)* kemudian plot semua pengguna fungsi dari *x1* hingga *x2*. Pemanggilan fungsi untuk memplotkan sin x dari 0 hingga π , adalah *plot(@sin,0,pi)*.

¹ Chapter I, Introduction to MATLAB, Kiusalaas, Jaan. Pennsylvania State University, *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. 2nd edition, Cambridge Univeristy Press, New York, 2010.

Ada tipe data lainnya di dalam MATLAB, seperti *sparse* (*sparse matrices*), *inline* (*inline objects*) and *struct* (*structured arrays*). Kelas lainnya dapat didefinisikan sendiri. Kelas-kelas obyek dapat dilihat dengan menggunakan perintah *class*.

III. 6. 2 Variabel

Nama-nama di dalam variabel di mana harus dimulai dengan menggunakan huruf sangat terpengaruh terhadap besar kecilnya huruf. Salah satunya adalah *xstart* dan *xstart* merepresentasikan dua macam variabel. Panjang namanya tak terbatas tetapi pada awalan harus diberikan perintah N. Untuk mencari N di dalam software MATLAB harus menggunakan perintah *namelengthmax*:

Variabel-variabel yang dapat didefinisikan di dalam fungsi MATLAB berada lokal di dalam arealnya. Mereka tidak terdapat di bagian MATLAB dan tidak bisa berada tetap di dalam memori setelah keluar dari fungsi (hal ini harus menggunakan bahasa pemrograman yang paling baik). Bagaimanapun juga, variabel-variabel dapat dibagi di antara fungsi dan program yang dapat dipanggil jika fungsi tersebut menggunakan perintah *global*. MATLAB memiliki beberapa variabel konstan dan spesial antara lain.

ans	Default name result
eps	Smallest number for which $1 + \text{eps} > 1$
inf	infinity
NaN	Not a number
i or j	$\sqrt{-1}$
pi	π
realmin	Smallest usable positive number
realmax	Largest usable positive number

Tabel 3.1 Variabel di dalam MATLAB

III. 6. 3 Operator Aritmatika

MATLAB mampu menggunakan operator aritmatika biasa yaitu.

+	Addition
-	Substraction
*	multiplication
^	exponentiation

Tabel 3.2 Variabel di dalam MATLAB

/	Right Division
\	Left Division

Tabel 3.3 Operator Divisi di dalam MATLAB

.*	Element-wise multiplication
./	Element-wise division
.^	Element-wise exponentiation

Tabel 3.4 Operator dengan periode (.) di dalam MATLAB

<	Less than
>	Greater than
<=	Less than or equal to
>=	Greater than or equal to
==	Equal to
~ =	Not equal to

Tabel 3.5 Variabel di dalam MATLAB

&	And
	or
~	not

Tabel 3.6 Variabel di dalam MATLAB

III. 6. 4 Flow Control

Conditional formatting menggunakan Struktur *if*.

```

if    condition
      Block
end

```

Mengeksekusi perintah *block* jika kondisinya adalah benar. Jika kondisinya salah perintah *block* tersebut dapat di lewatkan. Kondisional *if* dapat diikuti dengan angka apapun dengan menggunakan *elseif*.

```

if    condition
      Block
elseif condition
      Block

```

Dengan sifat yang sama juga bekerja klausa *else*.

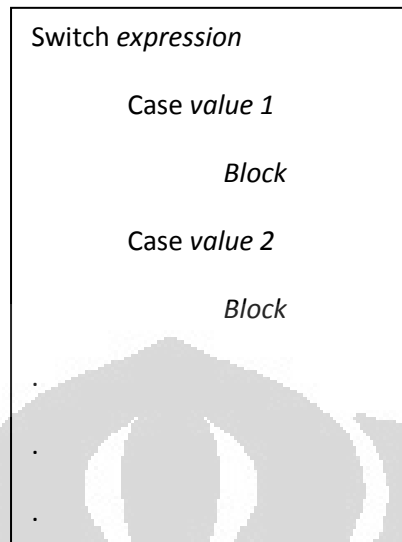
```

Else
      Block
end

```

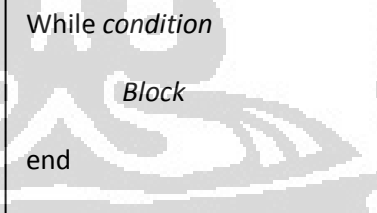
Perintah di atas dapat digunakan untuk mendefinisikan kalimat perintah block di mana dapat di eksekusi jika tidak ada dari klausa *if-elseif* yang benar. Fungsi *signum* dimana mendeterminasikan tanda dari variabel mengilustrasikan penggunaan kondisional.

Struktur *switch* adalah

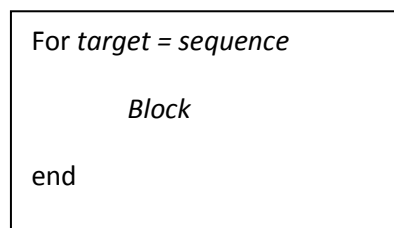


Perintah *expression* dievaluasi dan hasil kontrolnya berlaku apabila case –nya sesuai dengan nilainya. Sebagai gambaran jika nilai dari *expression* adalah *value 2*, perintah *block* diikuti dengan *case value 2* dapat dieksekusi.

Perintah *Loops* mengeksekusi perintah *block* jika dalam kondisi benar. Setelah dieksekusi kemudian kondisinya di evaluasi kembali. Jika masih benar perintah tersebut dieksekusi kembali. Proses ini berlangsung terus menerus hingga kondisinya dalam keadaan salah.



Untuk perputaran *for* diperlukan sebuah target dan hubungan dari target yang akan dilakukan perputaran. Konstruksinya adalah.



Perputaran apapun dapat dihentikan dengan menggunakan perintah *break*. Sebagai pendekatan perintah *break*, kontrolnya harus sesuai dengan perintah di luar perputaran. Fungsi *buildvec* membangun baris pada data-data yang diberikan kemudian perintah tersebut dapat di- *break* setelah inputnya 0.

Ketika perintah *continue* diberikan pada suatu perputaran, kontrolnya harus sesuai untuk iterasi selanjutnya tanpa mengeksekusi kalimat perintah di dalam iterasi sebelumnya.

Fungsi perintah *return* adalah untuk memanggil kembali pprogram ketika tidak ada fungsi program yang dijalankan. Bagaimanapun juga fungsi dapat dipaksa untuk keluar dengan menggunakan perintah *return*.

Eksekusi program dapat dihentikan dan pesan dapat muncul dengan fungsi *error*.

```
Error('message')
```

III. 6. 5 Defenisi Fungsi

Bagian dari fungsi harus dilakukan dengan menggunakan defenisi fungsi.

```
Function[output_args] = function_name(input_arguments)
```

Perintah untuk input dan output harus dipisahkan dengan koma. Angka pada perintah harus nol. Jika hanya terdapat satu perintah output, tanda kurung tutup harus diberikan.

Untuk membuat fungsi menjadi dapat diakses untuk program lainnya, hal tersebut haruslah disimpan dengan nama *function_name.m*.

Fungsi M-file dapat berisi fungsi lainnya sebagai tambahan untuk fungsi utama. Hal it dinamakan subfungsi yang hanya dapat dipanggil bersamaan dengan fungsi utama atau subfungsi lain di dalam satu file tersebut. Subfungsi tersebut tidak terdapat di dalam program unit lain. Walaupun, perilaku subfungsi sama dengan perilaku fungsi utama. Sebagai tambahan, cakupan variabel yang

didefenisikan dengan subfungsi adalah bersifat lokal. Dimana, variabel-variabel ini tidak dapat terlihat ketika fungsi dipanggil kembali. Fungsi utama harus merupakan fungsi pertama di dalam m-file.

III. 6. 6 Memanggil dan Mengevaluasi Fungsi

Fungsi dapat dipanggil kembali dengan beberapa kalimat yang muncul di dalam defenisi fungsi. Angka masukan dan kalimat keluaran yang digunakan di dalam panggilan fungsi dapat dideterminasikan oleh fungsi *nargin* dan *nargout*. Secara umum, ide bahwa kode komputer telah di tes dan dievaluasi adalah kurang tepat. Seluruh data haruslah berkesinambungan terhadap fungsi dengan kalimat. MATLAB dapat mengevaluasi fungsi dengan menggunakan *myfunc* untuk diselesaikan sebagai fungsi.

III. 6. 7 Masukan dan Keluaran

Di dalam membaca masukan MATLAB menggunakan perintah sebagai berikut.

```
Value = input('prompt')
```

Perintah tersebut mengeluarkan kalimat pembuka dan kemudian menunggu untuk data masukan. Jika masukan berupa ekspresi, hal tersebut dievaluasi dan kembali kepada *value*.

III. 6. 8 Array Functions

Ada beberapa fungsi susunan di dalam MATLAB yang dapat menyelesaikan operasi matriks dan fungsi utama lainnya. Di bawah ini adalah beberapa fungsi-fungsi dasar.

- a) *Length*, panjang n (jumlah elemen) dari vektor x dapat dihitung dengan menggunakan fungsi *length*.

```
N = length(x)
```

- b) *Size*, jika fungsi *size* dipanggil dengan hanya satu kalimat masukan

```
[m,n] = size(x)
```

Jika harus menghitung beberapa baris nilai m dan beberapa kolom n pada matriks x . Namun jika harus memasukkan dua kalimat masukan menjadi.

$$M = \text{size}(X, \text{dim})$$

Hal tersebut mengembalikan panjang x dengan dimensi spesifik ($\text{dim} = 1$ jumlah baris, dan $\text{dim} = 2$ menyatakan jumlah kolom)

c) *Reshape*, fungsi *reshape* digunakan untuk menyusun kembali elemen dari matriks, dengan fungsi.

$$Y = \text{reshape}(X, m, n)$$

Kembali kepada $m \times n$ elemen matriks dimana diambil dari matriks x di dalam *column-wise order*. Jumlah angka di dalam elemen X harus sama dengan $m \times n$.

III. 6. 9 Menulis dan Menjalankan Program

MATLAB memiliki dua jendela perintah untuk mengetik jalur program yaitu, jendela perintah dan jendela editor. Jendela perintah merupakan mode interaktif, maka kalimat apapun yang dimasukkan ke dalam jendela tersebut secara langsung akan diproses. Mode interaktif sangat baik di dalam bereksperimen dengan bahasa pemrograman dan ide program lainnya.

MATLAB akan membuka jendela editor ketika m-file baru telah dibuat, atau dari file yang sudah ada sebelumnya dibuat kemudian dibuka. Jendela editor digunakan untuk mengetik dan menyimpan program (biasanya disebut *script files* di dalam MATLAB) dan fungsi-fungsi. Salah satunya dapat menggunakan editor teks untuk memasukkan jalur program, tetapi editor MATLAB memiliki fungsi spesifik MATLAB, seperti *color coding* dan *automatic indentation*, yang membuat bekerja lebih mudah. Sebelum program atau fungsi dapat dieksekusi, haruslah disimpan terlebih dahulu sebagai MATLAB m-file (panggil kembali file-

file ini dengan menggunakan m-file). Suatu program dapat dijalankan dengan mengetik *run* dari menu editor *debug*.

Ketika suatu program dipanggil kembali untuk pertama kalinya selama program berjalan, haruslah diikuti dengan menggunakan P-code (*pseudo-code*) untuk mempercepat eksekusi dan kemudian memanggil fungsi tersebut. salah satunya dapat membuat P-code menjadi sebuah fungsi dan disimpan di dalam disk, dengan perintah.

```
Pcode function_name
```

MATLAB kemudian akan mengeluarkan P-code ke memori daripada mengeluarkannya di file teks.

Variabel-variabel yang dibuat selama sesi MATLAB akan tersimpan ke dalam MATLAB *workspace* hingga semuanya benar-benar disimpan. Urutan variabel-variabel yang disimpan dapat dilihat dengan menggunakan perintah *who*. Jika detail variabel yang dibutuhkan lebih besar, menggunakan perintah *whos*. Variabel-variabel dapat dihilangkan dari *workspace* dengan mengetik perintah.

```
Clear a b ...
```

III.6. 10 Plotting

Setelah semua persamaan didefinisikan kemudian dilakukan plotting terhadap seluruh data dan variabel dengan menggunakan program yang telah dibuat. MATLAB dapat menghasilkan grafik 2 dimensi plot.

BAB IV

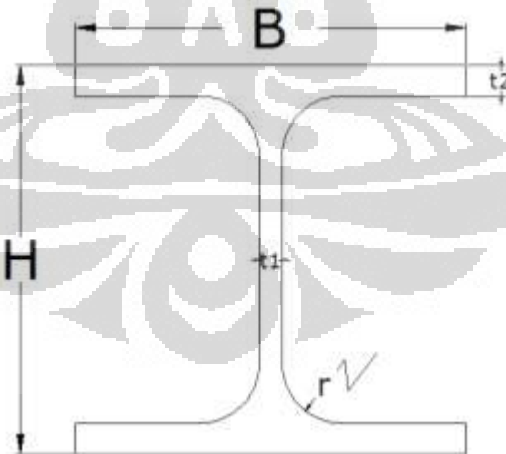
ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

IV.1 Pengumpulan Data

Karena penelitian yang dilakukan terhadap kekuatan axial produk yang dikeluarkan PT. Gunung Garuda, maka data profil baja jenis I-WF dan H beam seperti yang disajikan pada tabel. Mutu baja sesuai dengan mutu baja yang diproduksi oleh pabrik tersebut, dan untuk menambah variasi data ditambahkan data mutu baja dari SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Data-data teknis lainnya yang menyangkut sifat mekanis baja mengikuti SNI 03-1729-2002.

Dari tabel yang dikeluarkan PT. Gunung Garuda diperoleh data properti penampang dari masing-masing profil yang akan dihitung kuat nominalnya. Perhitungan kuat nominal dibatasi pada profil baja yang proses pembuatannya dengan cetakan saja (*Hot Rolled Section*).

Properti penampang yang diperoleh adalah : H (tinggi profil), B (lebar profil), t_1 atau t_w (tebal penampang badan), t_2 atau t_f (tebal penampang sayap) dan r (jari-jari takikan antara profil sayap dan badan). Seperti pada gambar berikut



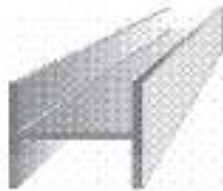
Gambar 4.1 Detail Properti Penampang

Tabel 4.1 Tabel Profil Gunung Garuda

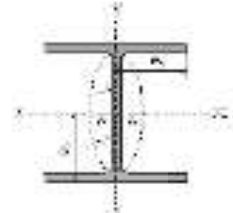
Wide F lange Shape



IWF



H-BEAM



JIS G3192/TIS 1227-194 (HOT ROLLED H-SECTION)

Metric Size

Standard Sectional Dimension					Sectional		Informative Reference					
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r	Area	Unit Mass	Geometrical		Radius of		Modulus of	
					A		moment of inertia	gyration of area	Section			
mm x mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	303	134.0	4.18	2.47	76.5	26.7
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	547	293.0	5.29	3.11	136.0	47.0
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.35	14.00	566	49.5	6.31	1.66	88.8	13.2
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	1 020	151.0	6.37	2.37	138.0	30.1
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	1 640	563.0	6.39	3.75	219.0	75.1
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	2 890	984.0	7.50	4.38	330.0	112.0
200 x 100	195 x 99	4.5	7	11	23.18	16.20	1 500	114.0	8.26	2.21	160.0	23.0
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	1 840	134.0	8.24	2.22	184.0	26.8
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60						
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	4 720	1 600	8.62	5.02	472.0	160.0
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	3 540	255.0	10.40	2.79	285.0	41.1
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	4 050	294.0	10.40	2.79	324.0	47.0
250 x 250	250 x 250	9	14	16	62.18	72.40	10 970	3 650	10.60	6.29	867.0	292.0
300 x 150	296 x 149	5.5	8	13	40.80	32.00	6 320	442.0	12.40	3.29	424.0	59.3
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	7 210	506.0	12.40	3.29	481.0	67.7
300 x 300	300 x 300	10	15	18	119.00	94.00	20 400	6 750	13.10	7.51	1 380	450.0
350 x 175	346 x 174	6	9	14	57.68	41.40	11 100	792.0	14.50	3.88	641.0	91.0
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	13 800	984.0	14.70	3.95	775.0	112.0
350 x 350	350 x 350	12	19	20	173.90	137.00	40 300	13 600	15.20	8.84	2 300	776.0
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	20 000	1 450	16.70	4.48	1 010	145.0
	400 x 200	8	13	16	84.10	66.00	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174.0
*400 x 400	400 x 400	13	21	22	218.70	172.00	66 600	22 400	17.5	10.10	3 330	1 120
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.80	76.00	33 500	1 870	18.6	4.40	1 460	187.0
500 x 200	500 x 200	10	16	20	134.20	89.60	47 800	2 140	20.5	4.33	1 910	214.0
600 x 200	600 x 200	11	17	22	194.40	106.00	77 800	2 380	24.0	4.12	2 590	228.0
600 x 300	588 x 300	12	20	28	192.50	151.00	118 000	9 020	24.8	6.65	4 020	601.0
*700 x 300	700 x 300	13	24	28	235.50	185.00	201 000	10 800	29.3	6.78	5 760	722.0
*800 x 300	800 x 300	14	26	28	267.40	210.00	292 000	11 700	33.0	6.62	7 290	782.0
*900 x 300	900 x 300	16	28	28	309.8	243.00						

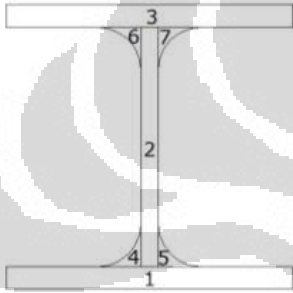
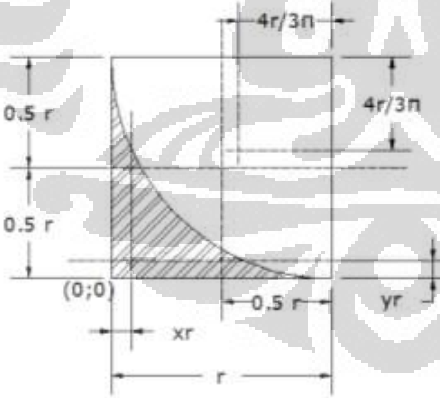
Note : * Special size for welded beam

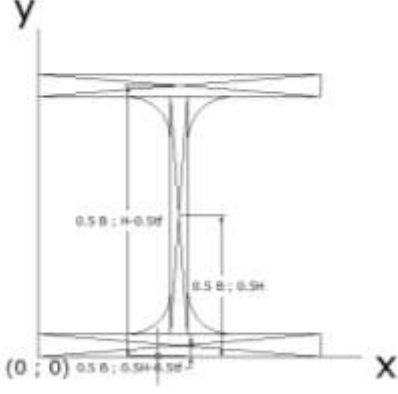
IV.2 Analisa dan Perhitungan

IV.2.1 Perhitungan Properti Penampang

Dilakukan perhitungan ulang terhadap luas penampang (A), momen inersia (I_x , I_y), jari-jari girasi penampang (r_x , r_y) dari data yang diberikan oleh PT. Gunung Garuda. Perhitungan kembali ini bertujuan untuk memastikan data yang digunakan di dalam program perhitungan valid. Tabel 4.2 memperlihatkan perhitungan section properties dari penampang.

Tabel 4.2 Perhitungan Properti Material

No	Gambar	Keterangan
1.		<p>Luasan Penampang</p> $A1 = A3 = B \times tf$ $A2 = (H - 2 \cdot tf) \times tw$ $A4 = A5 = A6 = A7 = r^2 - \frac{1}{4} \pi r^2$
2.		<p>Titik berat takikan</p> $xr = \frac{r^2 \times 0.5 r - 0.25 \pi r^2 \times (r - 4r/3\pi)}{r^2 - 0.25 \pi r^2}$ $yr = \frac{r^2 \times 0.5 r - 0.25 \pi r^2 \times (r - 4r/3\pi)}{r^2 - 0.25 \pi r^2}$ <p>Inersia takikan</p> $I_{xr} = \left[\frac{1}{12} r^4 + r^2 \times \left(\frac{1}{2} r - yr \right)^2 \right] - \left[0.0549 r^4 + \frac{1}{4} \pi r^2 \times \left(r - \frac{4r}{3\pi} - yr \right)^2 \right]$ $I_{yr} = \left[\frac{1}{12} r^4 + r^2 \times \left(\frac{1}{2} r - xr \right)^2 \right] - \left[0.0549 r^4 + \frac{1}{4} \pi r^2 \times \left(r - \frac{4r}{3\pi} - xr \right)^2 \right]$

3.		<p>Inersia Penampang</p> $I_x = \Sigma Ix'n + An \times dyn^2$ $I_y = \Sigma Ix'n + An \times dxn^2$ $I_x = Ix'1 + A1 \times dy1^2 + Ix'2 + A2 \times dy2^2 + Ix'3 + A3 \times dy3^2 + Ix'4 + A4 \times dy4^2 + Ix'5 + A5 \times dy5^2 + Ix'6 + A6 \times dy6^2 + Ix'7 + A7 \times dy7^2$ $I_y = Iy'1 + A1 \times dx1^2 + Iy'2 + A2 \times dx2^2 + Iy'3 + A3 \times dx3^2 + Iy'4 + A4 \times dx4^2 + Iy'5 + A5 \times dx5^2 + Iy'6 + A6 \times dx6^2 + Iy'7 + A7 \times dx7^2$
4.		<p>Jari-jari Girasi (rx,ry)</p> $r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} ; r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$

IV.2.2 Pengecekan Stabilitas Lokal Penampang

Setelah didapat data properti material, selanjutnya dilakukan pengecekan Stabilitas Lokal Penampang baja.

Tabel 4.3 Syarat Stabilitas Lokal Penampang

No	Penampang	SNI 03-1729-2002	AISC 2010
1.	Sayap	$\frac{B/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{b}{2t_f} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
2.	Badan	$\frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{h}{t_w} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Dari persamaan di atas dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai kelangsingan penampang tiap-tiap profil. Lalu dihitung batasan kelangsingan penampang tiap-tiap mutu baja yang akan dianalisis.

Tabel 4.4 Nilai Kelangsingan Penampang tiap Profil

	Jenis	H	B	tw	tf	r	H/tw	B/2*tf
1	Profil H	100	100	6	8	10	14	6,25
2	Profil H	125	125	6,5	9	10	16,46154	6,944444
3	Profil lwf	150	75	5	7	8	27,2	5,357143
4	Profil lwf	148	100	6	9	11	21,66667	5,555556
5	Profil H	150	150	7	10	11	18,57143	7,5
6	Profil H	175	175	7,5	11	12	20,4	7,954545
7	Profil lwf	198	99	4,5	7	11	40,88889	7,071429
8	Profil lwf	200	100	5,5	8	11	33,45455	6,25
9	Profil lwf	194	150	6	9	12	29,33333	8,333333
10	Profil H	200	200	8	12	13	22	8,333333
11	Profil lwf	248	124	5	8	12	46,4	7,75
12	Profil lwf	250	125	6	9	12	38,66667	6,944444
13	Profil H	250	250	9	14	16	24,66667	8,928571
14	Profil lwf	298	149	5,5	8	13	51,27273	9,3125
15	Profil lwf	300	150	6,5	9	13	43,38462	8,333333
16	Profil H	300	300	10	15	18	27	10
17	Profil lwf	346	174	6	9	14	54,66667	9,666667
18	Profil lwf	350	175	7	11	14	46,85714	7,954545
19	Profil H	350	350	12	19	20	26	9,210526
20	Profil lwf	396	199	7	11	16	53,42857	9,045455
21	Profil lwf	400	200	8	13	16	46,75	7,692308
22	Welded	400	400	13	21	22	27,53846	9,52381
23	Profil lwf	450	200	9	14	18	46,88889	7,142857
24	Profil lwf	500	200	10	16	20	46,8	6,25
25	Profil lwf	600	200	11	17	22	51,45455	5,882353
26	Profil lwf	588	300	12	20	28	45,66667	7,5
27	Welded	700	300	13	24	28	50,15385	6,25
28	Welded	800	300	14	26	28	53,42857	5,769231
29	Welded	900	300	16	28	28	52,75	5,357143

Tabel 4.5 Nilai Syarat Kelangsingan Penampang

SNI	Fy 210	Fy 240	Fy 245	Fy 250	Fy 290	Fy 410
sayap	$250/(\sqrt{210})$	$250/(\sqrt{240})$	$250/(\sqrt{245})$	$250/(\sqrt{250})$	$250/(\sqrt{290})$	$250/(\sqrt{410})$
	17,25163898	16,13743061	15,97191412	15,8113883	14,68050549	12,34661996
badan	$665/(\sqrt{210})$	$665/(\sqrt{240})$	$665/(\sqrt{245})$	$665/(\sqrt{250})$	$665/(\sqrt{290})$	$665/(\sqrt{410})$
	45,8893597	42,92556542	42,48529157	42,05829288	39,0501446	32,84200909
AISC						
sayap	$0,56 \times \sqrt{(200000/210)}$	$0,56 \times \sqrt{(200000/240)}$	$0,56 \times \sqrt{(200000/245)}$	$0,56 \times \sqrt{(200000/250)}$	$0,56 \times \sqrt{(200000/290)}$	$0,56 \times \sqrt{(200000/410)}$
	17,2819752	16,16580754	16	15,8391919	14,70632048	12,36833092
badan	$1,49 \times \sqrt{(200000/210)}$	$1,49 \times \sqrt{(200000/240)}$	$1,49 \times \sqrt{(200000/245)}$	$1,49 \times \sqrt{(200000/250)}$	$1,49 \times \sqrt{(200000/290)}$	$1,49 \times \sqrt{(200000/410)}$
	45,98239829	43,01259505	42,57142857	42,14356416	39,12931699	32,90859477

IV.2.3 Pengecekan Nilai Kelangsingan Struktur

Nilai kelangsingan struktur dipengaruhi oleh 3 komponen yaitu nilai K, nilai L dan nilai r. Nilai K disini adalah nilai yang didapat dari kondisi ujung-ujung penampang, SNI dan AISC telah menetapkan bagi struktur tak bergoyang (braced frame) nilainya tidak melebihi 1, baik untuk *single column* ataupun kolom dalam portal. Nilai L adalah panjangnya kolom yang akan ditinjau, dan nilai r adalah besarnya jari-jari girasi dari profil yang akan ditinjau.

Syarat rasio kelangsingan Struktur

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

IV.2.4 Perhitungan Kuat Nominal Kolom

Perhitungan kuat nominal kolom dilakukan dalam dua metode, yaitu metode SNI dan AISC.

Dalam SNI 03-1729-2002 dituliskan bahwa untuk kolom dengan profil yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih besar daripada nilai λ_r pada tabel 7.5-1, perhitungan kekuatannya dilakukan secara tersendiri dengan mengacu pada metode-metode analisis yang rasional (pasal 7.6.2) SNI ; sehingga perhitungan kuat nominal pada kolom langsing mengacu kepada AISC 2010.

Tabel 4.6 Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung kuat nominal kolom

SNI 03-1729-2002	AISC 2010
<p>➤ Kolom Tak Langsing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menghitung rasio kelangsingan struktur $\frac{KL}{r} \leq 200$ <ul style="list-style-type: none"> • Menentukan nilai ω $\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$ $\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$ $0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$	<p>➤ Kolom Tak Langsing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menhitung Rasio Kelangsingan Struktur $\frac{KL}{r} \leq 200$ <ul style="list-style-type: none"> • Menentukan jenis tekuk yang terjadi pada penampang $f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$ <p>InElastic Buckling</p>

<p>$\lambda_c \geq 1,2 \quad \rightarrow \quad \omega = 1,25\lambda_c^2$</p> <ul style="list-style-type: none"> Menghitung tegangan kritis kolom $f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$ <ul style="list-style-type: none"> Menghitung kuat nominal kolom $N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$	<p>$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \& \quad f_e < 0.44f_y \quad \rightarrow F_{cr} = 0.877f_e$</p> <p>Elastic Buckling</p> <p>$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \& \quad f_e \geq 0.44f_y \quad \rightarrow$</p> $F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{f_e}\right) f_y$ <ul style="list-style-type: none"> Menghitung kuat nominal kolom $P_n = A_g \cdot F_{cr}$
<p>➤ Kolom Langsing</p> <ul style="list-style-type: none"> Menghitung rasio kelangsingan struktur $\frac{KL}{r} \leq 200$ <ul style="list-style-type: none"> Menghitung faktor reduksi Q $Q = Q_s \times Q_a$ <p>Menghitung nilai Qs</p> $\frac{b}{t} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \rightarrow \quad Q_s = 1.0$ $0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} < \frac{b}{t} < 1.03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \rightarrow \quad Q_s = 1.415 - 0.74 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$ $\frac{b}{t} > 1.03 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \rightarrow \quad Q_s = \frac{0.69 E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$ <p>Nilai Qa</p> $Q_a = \frac{A_e}{A_g}$ $A_e = A - ((B - b_e) \times tw)$ $b_e = 1.92 \times tw \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left[1 - \frac{0.38}{b/tw} \sqrt{\frac{E}{f_y}}\right] \leq B$	

- Menentukan jenis tekuk yang terjadi pada penampang

Inelastic Buckling

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{Qf_y}} \quad \& \quad f_e < 0.44Qf_y$$

$$F_{cr} = 0.877f_e$$

Elastic Buckling

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{Qf_y}} \quad \& \quad f_e \geq 0.44Qf_y$$

$$F_{cr} = Q \left(0.658 \frac{f_y}{f_e} \right) f_y$$

- Nilai kuat nominal kolom

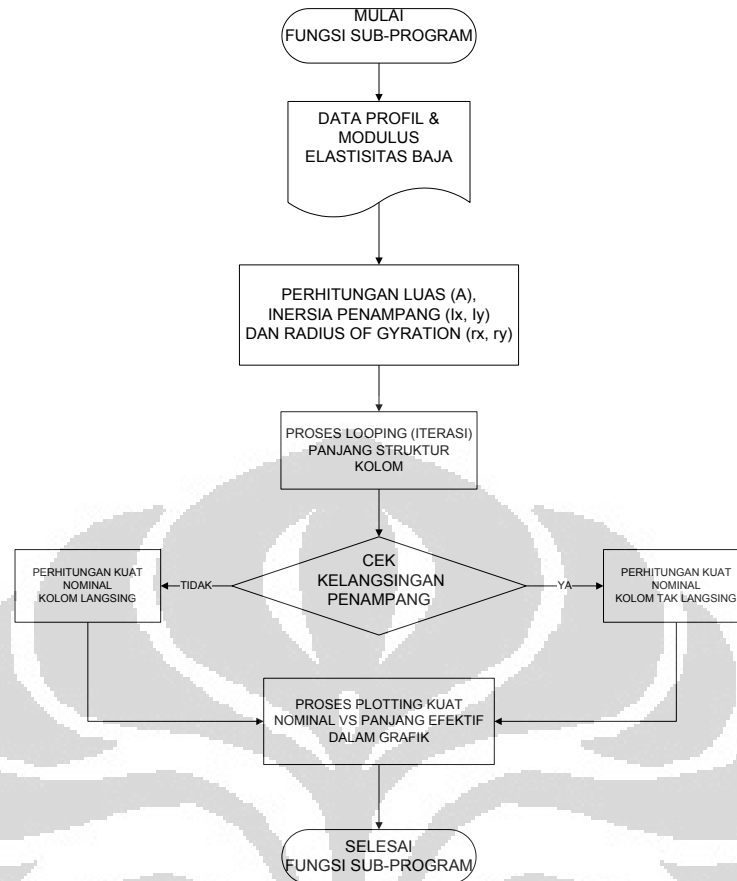
$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

IV.3 Pemrograman Dengan Software

Dengan banyaknya variabel dan jumlah data penampang perhitungan kekuatan nominal axial menggunakan program untuk mempermudah perhitungan. Berikut akan dibahas program yang telah dibuat meliputi main & sub-program serta program untuk menghasilkan plot grafik yang menjadi tujuan skripsi ini.

IV.3.1 Alur Kerja Sub Program

Setiap profil yang akan ditinjau, data-datanya akan dimasukkan dalam satu sub-program. Sub program tersebut berisikan perintah-perintah dan logika-logika yang telah dituangkan di bab 3 Metode Penelitian. Untuk lebih jelasnya akan ditampilkan dalam tampilan *flowchart*, dan *program editor* dilampirkan pada lampiran 1.



Gambar 4.2 Bagan Alir Sub Program

Program diberi nama untuk kemudahan pemanggilan sub-program tersebut pada main-program nantinya.

IV.3.1.1 Keterangan Perintah Sub Program AISC

```
function [P25x]=aisc_600x200 (fy, k)
```

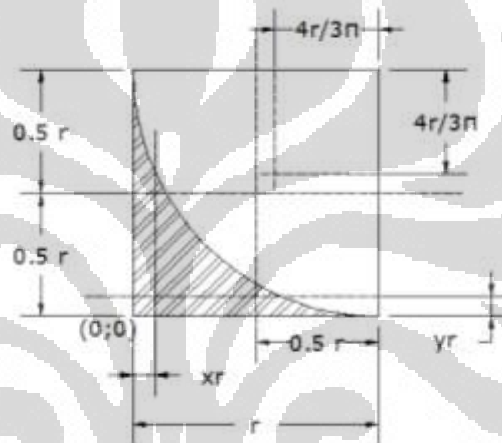
Ini berarti fungsi P25 untuk sumbu x, pengerjaan dengan metode AISC, dengan ukuran profil 600x200 dan input pada main-program adalah variabel fy dan K.

Data yang telah dimasukkan dalam sub-program adalah data profil (B,H,tf,tw,r) dan modulus elastisitas baja (E).

$B=200;$
 $H=600;$
 $t_f=17;$
 $t_w=11;$
 $r=22;$
 $E=200000;$

Selanjutnya dilanjutkan dengan perhitungan properti penampang dari data yang telah diberikan diatas. Karena akan melakukan perhitungan Inersia penampang secara keseluruhan, terlebih dahulu memisahkan bagian-bagian penampang agar memudahkan perhitungan.

Perhitungan properti penampang takikan.



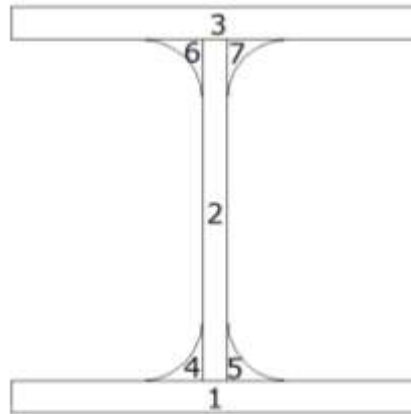
Gambar 4.3 Penampang takikan

```

Ar=(r^2)-(0.25*pi*(r^2));
xr=((r^2*0.5*r)-(0.25*pi*r^2*(r-0.212*2*r)))/(r^2-0.25*pi*r^2);
yr=((r^2*0.5*r)-(0.25*pi*r^2*(r-0.212*2*r)))/(r^2-0.25*pi*r^2);
dxr1=(0.5*r)-xr;
dyr1=(0.5*r)-yr;
dxr2=r-((4*r)/(3*pi))-xr;
dyr2=r-((4*r)/(3*pi))-yr;
Ixr=((1/12)*r^4)-(0.05498*r^4);
Iyr=((1/12)*r^4)-(0.05498*r^4);

```

Setelah menghitung properti penampang tersebut, dilanjutkan dengan perhitungan luasan bagian-bagian penampang lain.



Gambar 4.4 Pembagian area penampang

```

A1=tf*B;
A2=tw*(H-(2*tf));
A3=tf*B;
A4=(r^2)-(0.25*pi*(r^2));
A5=(r^2)-(0.25*pi*(r^2));
A6=(r^2)-(0.25*pi*(r^2));
A7=(r^2)-(0.25*pi*(r^2));
A=A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7;
Ix1=(1/12)*B*(tf^3);
Ix2=(1/12)*tw*((H-(2*tf))^3);
Ix3=(1/12)*B*(tf^3);
Ix4=Ixr;
Ix5=Ixr;
Ix6=Ixr;
Ix7=Ixr;
Iy1=(1/12)*tf*(B^3);
Iy2=(1/12)*(H-(2*tf))*(tw^3);
Iy3=(1/12)*tf*(B^3);
Iy4=Iyr;
Iy5=Iyr;
Iy6=Iyr;
Iy7=Iyr;
dx1=0;
dx2=0;
dx3=0;
dx4=(0.5*tw)+xr;
dx5=(0.5*tw)+xr;
dx6=(0.5*tw)+xr;
dx7=(0.5*tw)+xr;
dy1=(0.5*H)-(0.5*tf);
dy2=0;
dy3=(0.5*H)-(0.5*tf);
dy4=(0.5*H)-tf-yr;
dy5=(0.5*H)-tf-yr;
dy6=(0.5*H)-tf-yr;
dy7=(0.5*H)-tf-yr;
Ix=Ix1+(A1*(dy1^2))+Ix2+(A2*(dy2^2))+Ix3+(A3*(dy3^2))+Ix4+(
A4*(dy4^2))+Ix5+(A5*(dy5^2))+Ix6+(A6*(dy6^2))+Ix7+(A7*(dy7^
2));
Iy=Iy1+(A1*(dx1^2))+Iy2+(A2*(dx2^2))+Iy3+(A3*(dx3^2))+Iy4+(
A4*(dx4^2))+Iy5+(A5*(dx5^2))+Iy6+(A1*(dx6^2))+Iy7+(A7*(dx7^
2));
rx=(Ix/A)^0.5;

```

```
ry=(Iy/A)^0.5;
weight=(A*1*7850)/1000000;
```

Dari perhitungan di atas sudah didapatkan nilai luasan penampang (A), Inersia kedua sumbu (Ix,Iy), juga jari-jari girasi kedua sumbu (rx,ry) juga berat profil per meter dalam satuan kilogram.

```
disp('Data Profil');
disp('-----');
disp(['A (mm2) = ' num2str(A)]);
disp(['Ix (mm4) = ' num2str(Ix)]);
disp(['Iy (mm4) = ' num2str(Iy)]);
disp(['rx (mm) = ' num2str(rx)]);
disp(['ry (mm) = ' num2str(ry)]);
disp(['weight (kg/m) = ' num2str(weight)]);
```

Pada perintah selanjutnya adalah perintah *display*, bertujuan untuk mengetahui nilai dari data yang telah dihitung. *Output* perintah *display* ini akan keluar pada *command window* setelah program utama dijalankan.

```
Lmax=(200*rx)/k;
L=0:100:Lmax;
for Lk=1:length(L);
    Le(Lk)=k*L(Lk);

    lamda_x(Lk)=(k*L(Lk))/rx;

    Lamda_cx(Lk)=(lamda_x(Lk)/pi)*((fy/E)^0.5);
    sayap=(B/(2*tf));
    sayap_kompak=0.56*((E/fy)^0.5);
    badan=(H-(2*tf))/tw;
    badan_kompak=0.56*((E/fy)^0.5);
```

Selanjutnya adalah memasukkan perintah perhitungan Lmax, yaitu panjang maksimum yang dapat diterima oleh struktur. Ketentuan L maksimum ini dari syarat kelangsingan struktur

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Program akan berhenti melakukan *looping* (iterasi) jika nilai L sudah melebihi syarat L maksimum. Di program tertulis juga L = 0 : 1 : Lmax; ini berarti perhitungan panjang struktur dimulai dari panjang 0 mm

sampai panjang L_{max} mm dengan jeda panjang yang akan direkam oleh program sebesar 100 mm.

Perintah `for Lk=1:length(L);` diatas menunjukkan bahwa perintah perintah selanjutnya yang menggunakan variabel L nilainya akan masuk dalam iterasi secara menyeluruh. Contohnya perhitungan panjang efektif $L_e(L_k) = k * L(L_k)$; ini menunjukkan bahwa nilai L_e adalah K dikali L dalam proses iterasi.

Perhitungan lamda x dihitung dengan perintah

```
lamda_x(Lk) = (k*L(Lk)) / rx;
```

Dari perintah tersebut dapat dilihat bahwa nilai lamda masih dalam perintah iterasi.

Perhitungan kelangsingan penampang baik sayap maupun badan dihitung dengan memasukkan syarat dari peraturan AISC maupun SNI, tetapi dalam satu sub program harus dipakai salah satunya.

Untuk kemungkinan pertama, jika kedua penampang kompak (tak langsing). Pengecekan buckling dilakukan dengan perintah *if* di program.

```
sayap<=sayap_kompak && badan<=badan_kompak .

if sayap<=sayap_kompak && badan<=badan_kompak
    %profil kompak (1)
    fe_x(Lk) = ((pi^2)*E) / ((lamda_x(Lk))^2);
    cek_buckling1 = 4.71 * ((E/fy)^0.5);
    cek_buckling2 = 0.44 * fy;

    %penampang x
    if lamda_x(Lk) <= cek_buckling1 &&
fe_x(Lk) >= cek_buckling2;
        Fcrx(Lk) = (0.658^(fy/fe_x(Lk))) * fy;
    elseif lamda_x(Lk) > cek_buckling1 &&
fe_x(Lk) < cek_buckling2;
        Fcrx(Lk) = 0.877 * (fe_x(Lk));
    else
        Fcrx(Lk) = 0.877 * (fe_x(Lk));
    end
    Pn_x = Fcrx * A;
```

Nilai f_e untuk sumbu x didalam proses iterasi. Jika nilai lamda x lebih kecil sama dengan nilai cek buckling satu dan nilai f_e lebih besar sama dengan nilai cek buckling dua maka struktur digolongkan mengalami elastic buckling. Jika nilai lamda x lebih besar dari nilai cek buckling satu dan nilai f_e lebih kecil dari nilai cek buckling dua maka struktur digolongkan mengalami inelastic buckling.

Untuk kemungkinan kedua, jika profil sayap kompak tetapi profil badan langsing. Pengecekan kondisi penampang dilakukan dengan perintah *if* di program. `sayap<=sayap_kompak && badan>badan_kompak`.

```
elseif sayap<=sayap_kompak && badan>badan_kompak
    %profil badan langsing (2)
    %reduksi kekuatan profil
    %hitung Qs
    if B/(2*tf)<=0.56*((E/fy)^0.5);
        Qs=1;
    elseif 0.56*((E/fy)^0.5)<B/(2*tf) &&
        B/(2*tf)<=1.03*((E/fy)^0.5);

        elseif B/(2*tf)>=1.03*((E/fy)^0.5);
            Qs=(0.69*E)/(fy*((B/(2*tf))^2));
        end
    %hitung Qa
    be=1.92*tw*((E/fy)^0.5)*(1-((0.38/((H-
    (2*tf))/tw))*((E/fy)^0.5)));
    if be>B
        be=B;
    end
    Ae=A-((B-be)*tw);
    Qa=Ae/A;
    %hitung Q
    Q=Qs*Qa;
```

Langkah selanjutnya adalah perhitungan luasan efektif penampang untuk penampang langsing. Terdapat beberapa kemungkinan untuk menentukan nilai Q_s . Kemungkinan-kemungkinan tersebut sesuai dengan aturan AISC spesification 2010.

Perhitungan nilai be untuk mendapatkan nilai Q_a . Jika nilai be lebih besar sama dengan nilai B (lebar penampang awal), maka nilai be sama dengan nilai B .

Faktor reduksi Q didapat dari nilai Q_a dikali Q_s .

```
%perhitungan kuat nominal tereduksi
fe_x(Lk)=(pi^2)*E/((lamda_x(Lk))^2);
%cek buckling yang terjadi
cek_buckling1=4.71*((E/(Q*fy))^0.5);
cek_buckling2=Q*0.44*fy;
```

Nilai fe untuk sumbu x didalam proses iterasi. Jika nilai λ_x lebih kecil sama dengan nilai cek buckling satu dan nilai fe lebih besar sama dengan nilai cek buckling dua maka struktur digolongkan mengalami elastic buckling. Jika nilai λ_x lebih besar dari nilai cek buckling

satu dan nilai f_e lebih kecil dari nilai cek buckling dua maka struktur digolongkan mengalami inelastic buckling.

```

%penampang x
if lamda_x(Lk)<=cek_buckling1 &&
fe_x(Lk)>=cek_buckling2;
    Fcrx(Lk)=Q*(0.658^(fy/fe_x(Lk)))*fy;
elseif lamda_x(Lk)>cek_buckling1 &&
fe_x(Lk)<cek_buckling2;
    Fcrx(Lk)=0.877*(fe_x(Lk));
else
    Fcrx(Lk)=0.877*(fe_x(Lk));
end
Pn_x=Fcrx*A;

```

Untuk nilai kuat nominal kolom yang digolongkan dalam penampang langsing, nilai Q dimasukkan kedalam perhitungan sesuai dengan aturan AISC 2010.

```

elseif sayap>sayap_kompak && badan<=badan_kompak
%profil sayap langsing (3)
%reduksi kekuatan profil
%hitung Qs
if B/(2*tf)<=0.56*((E/fy)^0.5);
    Qs=1;
elseif 0.56*((E/fy)^0.5)<B/(2*tf) &&
B/(2*tf)<=1.03*((E/fy)^0.5);
    Qs=1.415-(0.74*(B/(2*tf)))*((fy/E)^0.5);
elseif B/(2*tf)>=1.03*((E/fy)^0.5);
    Qs=(0.69*E)/(fy*((B/(2*tf))^2));
end
%hitung Qa
be=1.92*tw*((E/fy)^0.5)*(1-
((0.38/(B/2*tf)))*((E/fy)^0.5));
if be>B
    be=B;
end
Ae=A-(2*((B-be)*tf));
Qa=Ae/A;
%hitung Q
Q=Qs*Qa;
%perhitungan kuat nominal tereduksi
fe_x(Lk)=((pi^2)*E)/((lamda_x(Lk))^2);
%cek buckling yang terjadi
cek_buckling1=4.71*((E/(Q*fy))^0.5);
cek_buckling2=Q*0.44*fy;

%penampang x
if lamda_x(Lk)<=cek_buckling1 &&
fe_x(Lk)>=cek_buckling2;
    Fcrx=Q*(0.658^(fy/fe_x(Lk)))*fy;
elseif lamda_x(Lk)>cek_buckling1 &&
fe_x(Lk)<cek_buckling2;
    Fcrx=0.877*(fe_x(Lk));

```

```

else
    Fcrx=0.877*(fe_x(Lk));
end
Pn_x=Fcrx*A;

elseif sayap>sayap_kompak && badan>badan_kompak
    %profil langsing (4)
    %reduksi kekuatan profil
    %hitung Qs
    if B/(2*tf)<=0.56*((E/fy)^0.5);
        Qs=1;
    elseif 0.56*((E/fy)^0.5)<B/(2*tf) &&
        B/(2*tf)<=1.03*((E/fy)^0.5);
        Qs=1.415-(0.74*(B/(2*tf))*((fy/E)^0.5));
    elseif B/(2*tf)>=1.03*((E/fy)^0.5);
        Qs=(0.69*E)/(fy*((B/(2*tf))^2));
    end
    %hitung Qa
    be1=1.92*tw*((E/fy)^0.5)*(1-
    ((0.38/(B/2*tf)))*((E/fy)^0.5));
    if be1>B
        be1=B;
    end
    Ae1=A-(2*((B-be1)*tf));
    be2=1.92*tw*((E/fy)^0.5)*(1-((0.38/((H-
    (2*tf))/tw))*((E/fy)^0.5)));
    if be2>B
        be2=B;
    end
    Ae2=A-((B-be2)*tw);
    Ae_ok=min(Ae1,Ae2);
    Qa=Ae_ok/A;
    %hitung Q
    Q=Qs*Qa;
    %perhitungan kuat nominal tereduksi
    fe_x(Lk)=((pi^2)*E)/((lamda_x(Lk))^2);
    %cek buckling yang terjadi
    cek_buckling1=4.71*((E/(Q*fy))^0.5);
    cek_buckling2=Q*0.44*fy;

    %penampang x
    if lamda_x(Lk)<=cek_buckling1 &&
    fe_x(Lk)>=cek_buckling2;
        Fcrx=Q*(0.658^(fy/fe_x(Lk)))*fy;
    elseif lamda_x(Lk)>cek_buckling1 &&
    fe_x(Lk)<cek_buckling2;
        Fcrx=0.877*(fe_x(Lk));
    else
        Fcrx=0.877*(fe_x(Lk));
    end
    Pn_x=Fcrx*A;

end

end

```


Untuk langkah-langkah perhitungan kemungkinan ketiga dan keempat, hampir sama dengan langkah perhitungan dari kemungkinan kedua. Yang membedakan adalah kondisi kelangsingan yang dialami badan maupun sayap profil.

Perintah *end* pada akhir fungsi menandakan proses looping selesai.

```
disp(['Pn_x= ' num2str(Pn_x)]);
disp(['L= ' num2str(L)]);
disp(['Le= ' num2str(Le)]);
P25x=plot(Le,Pn_x,'-r');
grid on;
```

Perintah *disp* adalah perintah menampilkan hasil program dalam *command window*. Perintah *num2str* perintah penghitungan yang akan ditampilkan kedalam *command window*.

IV.3.1.2 Keterangan Perintah Sub Program SNI

Yang membedakan pada sub program SNI dan AISC hanya pada perhitungan kuat nominal pada penampang tak langsing.

```
for Lk=1:length(L);
    Le(Lk)=k*L(Lk);
    lamda_x(Lk)=(k*L(Lk))/rx;
    Lamda_cx(Lk)=(lamda_x(Lk)/pi)*((fy/E)^0.5);

    sayap=(B/(2*tf));
    sayap_kompak=(250/(fy^0.5));
    badan=(H-(2*tf))/tw;
    badan_kompak=(665/(fy^0.5));
    if sayap<=sayap_kompak && badan<=badan_kompak

        %profil kompak (1)
        %penampang x
        if Lamda_cx(Lk)<=0.25;
            omegax(Lk)=1;
        elseif 0.25<Lamda_cx(Lk) && Lamda_cx(Lk)<1.2;
            omegax(Lk)=1.43/(1.6-(0.67*Lamda_cx(Lk)));
        elseif Lamda_cx(Lk)>=1.2;
            omegax(Lk)=1.25*(Lamda_cx(Lk)^2);
        end
        Fcrx(Lk)=fy/omegax(Lk);
        Pn_x=Fcrx*A;
```

Cara pemrograman untuk proses iterasi dan penentuan penampang langsing atau tidaknya masih sama dengan program sebelumnya. Panjang batang yang dioperasikan masih didalam batas dibawah L_{max} .

Perhitungan kuat nominal yang mengikuti syarat perhitungan SNI menjadikan variabel ω sebagai tolak ukur. Jika nilai λc lebih kecil sama dengan 0.25 maka nilai ω sama dengan 1. Jika nilai ω lebih besar dari 0.25 dan lebih kecil dari 1.2 maka nilai ω sama dengan $1.43/(1.6-(0.67 \times \lambda c))$. Dan jika nilai λc lebih besar sama dengan 1.2 maka nilai ω sama dengan $1.25 \times (\lambda c)^2$. Nilai F_{cr} (tegangan kritis) sama dengan f_y/ω . Dan kuat nominal sama dengan $F_{cr} \times A$.

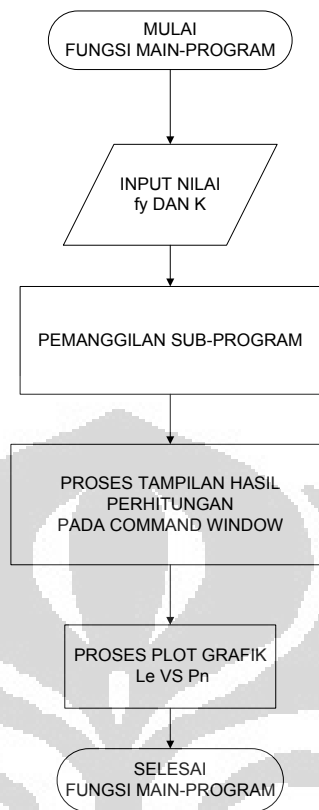
Untuk kemungkinan adanya penampang kritis pada perhitungan syarat SNI, cara perhitungannya mengikuti syarat dari AISC.

IV.3.2 Alur Kerja Main-Program

Setiap sub-program dari setiap profil diberi nama sesuai pemanggilannya pada Main-Program. Main program berguna untuk memanggil dan mengoperasikan setiap perintah kerja dari sub-program secara bersamaan. Plotting grafik juga dilakukan pada saat selesai mengoperasikan Main-Program. Untuk main program sendiri dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

- Kuat nominal profil H dalam Syarat AISC untuk sumbu x
- Kuat nominal profil H dalam Syarat AISC untuk sumbu y
- Kuat nominal profil WF dalam Syarat AISC untuk sumbu x
- Kuat nominal profil WF dalam Syarat AISC untuk sumbu y
- Kuat nominal profil H dalam Syarat SNI untuk sumbu x
- Kuat nominal profil H dalam Syarat SNI untuk sumbu y
- Kuat nominal profil WF dalam Syarat SNI untuk sumbu x
- Kuat nominal profil WF dalam Syarat SNI untuk sumbu y
- Kuat nominal dengan Input nilai G_a dan G_b

Grafik dan tabel dari varian di atas akan dilampirkan ke dalam lampiran.



Gambar 4.5 Bagan Alir Main-Program

```

%function:FungsiPn
%~~~~~

clear;
%...Input Defenitions
disp('-----');
disp('Masukan Data');
disp('Fy dalam satuan Mpa');
disp('-----');
fy=input('fy= ');
k=input('k= ');

%...Menghitung Pn;

[P1x]=sni_100x100(fy,k);
hold on;
[P2x]=sni_125x125(fy,k);
hold on;
[P5x]=sni_150x150(fy,k);
hold on;
[P6x]=sni_175x175(fy,k);
hold on;
[P10x]=sni_200x200(fy,k);
hold on;
[P13x]=sni_250x250(fy,k);

```

```

hold on;
[P16x]=sni_300x300(fy,k);
hold on;
[P19x]=sni_350x350(fy,k);
hold on;

xlabel('Le (mm)');ylabel('Pn (N)');
title('Grafik Hubungan Pn Vs Le');
legend('\it 100x100', '\it 125x125', '\it 150x150', '\it 175x175', ...
       '\it 200x200', '\it 250x250', '\it 300x300', '\it 350x350');

```

Perintah *fy input* dan *K input* menginstruksikan agar operator memasukkan nilai mutu baja dan nilai *k* akibat kondisi ujung-ujung struktur kolom yang diinginkan. Karena skripsi ini bertujuan untuk mendapatkan grafik kuat nominal dari setiap profil baja yang diinginkan dengan variasi kondisi kelangsingan dan mutu baja yang beragam, maka pengoperasian secara bersamaan akan membantu menghemat waktu pengerjaan.

Karena variasi profil dari produsen cukup beragam, dalam *Main-Program* penulis memisahkan antara profil H dan IWF.

Dari data program diatas, dapat dilihat profil mana saja yang dipanggil dalam *Main-Program*. Kali ini contohnya adalah profil-profil IWF dari produsen PT. Gunung Garuda yang dikerjakan dengan metode perhitungan mengacu pada SNI 03-1729-2002.

IV.4 Hasil Kuat Nominal Kolom

Hasil perhitungan dalam program dapat dilihat pada *Command Window*. Hasil yang akan muncul sesuai dengan yang kita perintahkan pada *Editor*, antara lain nilai luasan (*A*), Inersia tiap penampang pada kedua sumbu (*I_x*, *I_y*), jari-jari girasi pada kedua sumbu (*r_x*, *r_y*), berat profil dalam kilogram (*weight*), panjang efektif (*Le*), kuat nominal (*Pn*).

Contoh hasil output program pada *command window*.

```

-----
Masukan Data
Fy dalam satuan Mpa
-----
fy= 250
k= 1
profil 100x100

```

Data Profil

A (mm²) = 2189.8407

I_x (mm⁴) = 3827467.8495

I_y (mm⁴) = 1359519.4409

r_x (mm) = 41.807

r_y (mm) = 24.9165

weight (kg/m) = 17.1902

Pn_y = 547460.1837 496689.1406 380835.4184

238540.7832 134179.1906

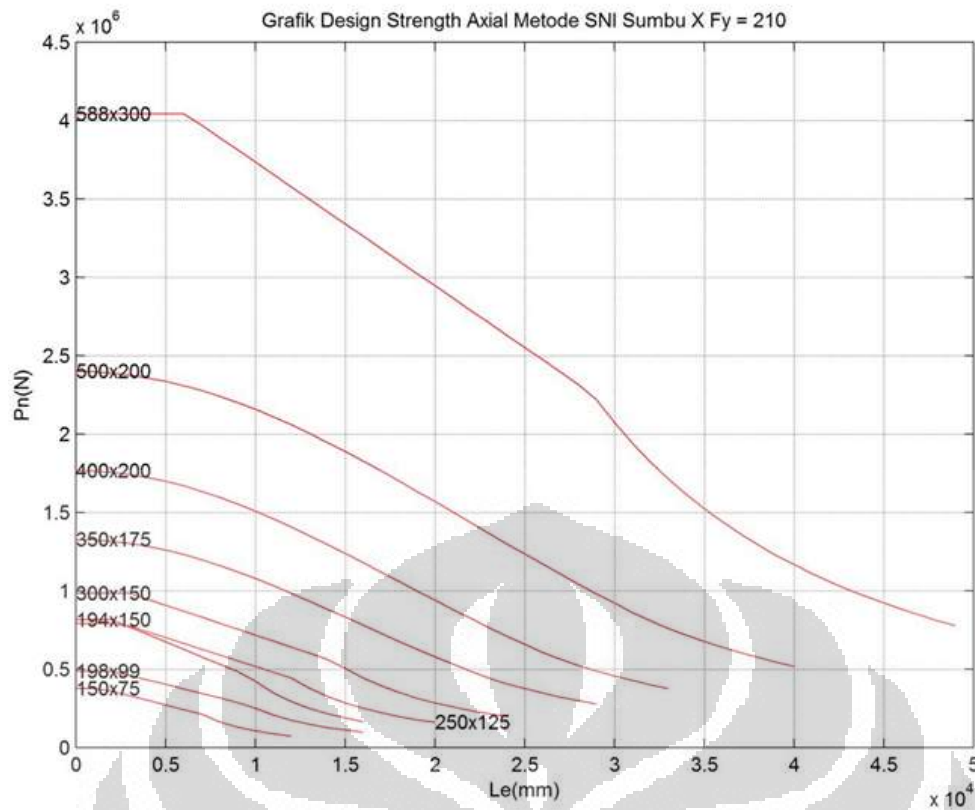
L = 0 1000 2000 3000 4000

Le = 0 1000 2000 3000 4000

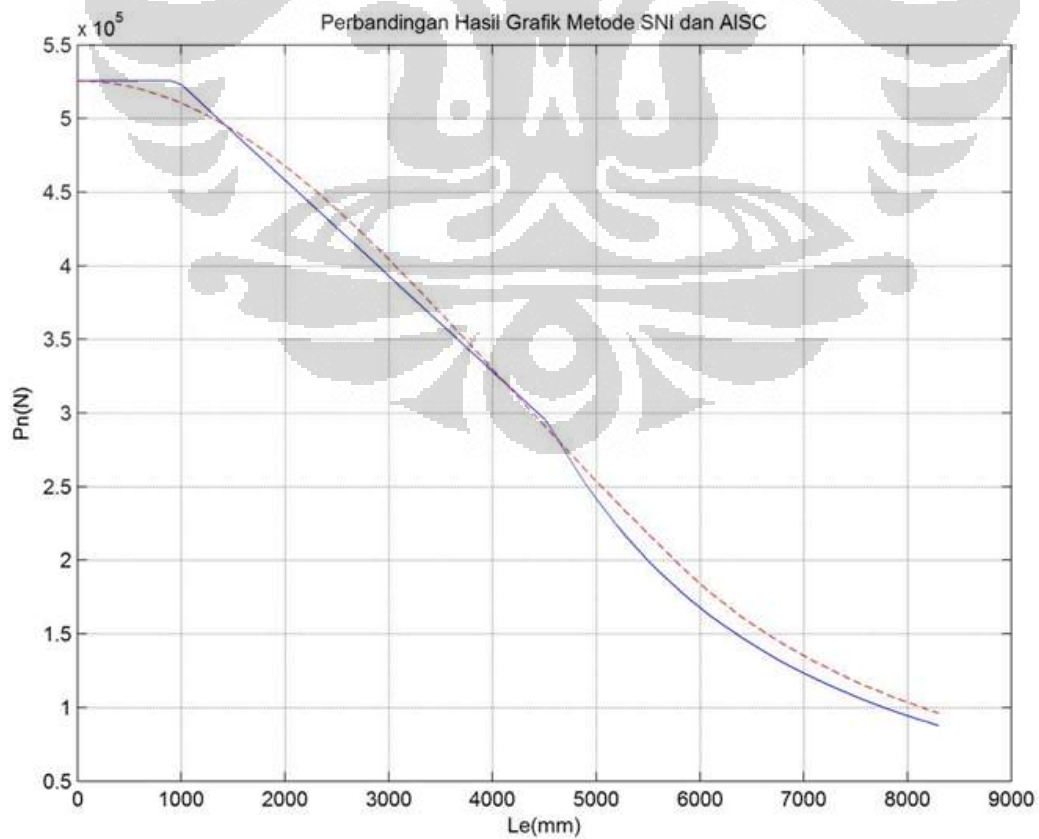
Untuk memudahkan pembacaan, hasil output dituangkan kedalam tabel

Tabel 4.7 Hasil output program berupa nilai kuat nominal kolom

Pn/Le Profil	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn	Pn
	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
1000	459866,5543	636581,5543	842912,1307	1075433,238	1334144,877	1935727,979	2515406,036	3651346,217
2000	408220,6845	595893,4829	815721,1697	1064774,209	1334144,877	1935727,979	2515406,036	3651346,217
3000	355063,0243	537710,6835	752022,5206	995520,341	1268249,36	1906979,428	2515406,036	3651346,217
4000	301905,3642	479527,8842	688323,8715	926266,4731	1193415,976	1820689,408	2441953,471	3621784,954
5000	241763,7986	421345,0848	624625,2224	857012,6052	1118582,592	1734399,389	2348831,759	3505875,608
6000	167891,5268	363162,2854	560926,5733	787758,7372	1043749,207	1648109,369	2255710,047	3389966,261
7000	123348,8768	273114,2512	497227,9242	718504,8693	968915,8232	1561819,349	2162588,335	3274056,914
8000	94438,98383	209103,0986	405017,7078	649251,0014	894082,4391	1475529,33	2069466,623	3158147,568
9000		165217,2631	320013,9913	562269,8479	819249,0549	1389239,31	1976344,91	3042238,221
10000		133825,9831	259211,333	455438,5768	744415,6707	1302949,29	1883223,198	2926328,875
11000			214224,2421	376395,518	615460,7394	1216659,271	1790101,486	2810419,528
12000			180007,8701	316276,7894	517157,9825	1130369,251	1696979,774	2694510,181
13000				269490,2821	440655,3223	1012261,359	1603858,062	2578600,835
14000				232366,6208	379952,8034	872817,1924	1510736,35	2462691,488
15000				202417,1452	330981,1088	760320,7543	1417614,638	2346782,141
16000					290901,3651	668250,6629	1259070,195	2230872,795
17000					257684,2542	591945,2239	1115300,934	2114963,448
18000						528000,5238	994820,895	1964014,25
19000						473884,1266	892858,6426	1762716,391
20000						427680,4243	805804,925	1590851,543
21000						387918,7522	730888,8208	1442949,245
22000							665954,4834	1314753,341
23000							609304,2911	1202912,32
24000							559586,7534	1104758,016
25000							515715,152	1018144,987
26000							476807,6479	941332,2738
27000								872895,2223
28000								811658,9504
29000								756647,5827
30000								707045,1301



Pada grafik diatas, sumbu x adalah panjang efektif (L_e) dalam satuan milimeter dan sumbu y adalah kuat nominal (P_n) dalam satuan Newton.



IV.5 Validasi Program

Validasi program dilakukan untuk memastikan apakah input pada program juga output yang dihasilkan program sudah benar sesuai dengan acuan yang ada. Validasi ini dilakukan dengan beberapa tahapan dan beberapa sumber acuan. Untuk validasi hasil properti penampang digunakan tabel profil pabrikan sebagai acuan. Untuk validasi hasil kuat nominal yang menggunakan syarat perhitungan AISC, akan digunakan tabel perhitungan dari AISC Steel Manual Construction. Sedangkan untuk perhitungan kuat nominal yang memakai syarat SNI karena SNI Bangunan Baja belum mengeluarkan tabel yang sejenis seperti AISC, maka akan digunakan perhitungan manual tanpa menggunakan program.



IV.5.1 Validasi Output Properti Material

Hasil perhitungan program dan nilai dari tabel profil dari pabrikan akan dibandingkan dan dicari nilai deviasinya.

Tabel 4.8 Hasil Validasi Properti Penampang

H	B	tw	tf	r	A (cm ²)			Ix (cm ⁴)			Iy (cm ⁴)			ix (cm)			iy (cm)		
					Tabel GG	Output	deviasi (%)	Tabel GG	Output	deviasi (%)	Tabel GG	Output	deviasi (%)	Tabel GG	Output	deviasi (%)	Tabel GG	Output	deviasi (%)
100	100	6	8	10	21,9	21,898	0,007	383	382,747	0,066	134	133,832	0,126	4,18	4,181	0,017	2,47	2,472	0,087
125	125	6,5	9	10	30,31	30,313	0,011	847	847,463	0,055	293	293,584	0,199	5,29	5,287	0,049	3,11	3,112	0,066
150	75	5	7	8	17,85	17,849	0,003	666	666,167	0,025	49,5	49,507	0,015	6,11	6,109	0,014	1,66	1,665	0,325
148	100	6	9	11	26,84	26,839	0,005	1020	1021,327	0,130	151	150,707	0,194	6,17	6,169	0,019	2,37	2,370	0,014
150	150	7	10	11	40,14	40,139	0,003	1640	1641,475	0,090	563	563,404	0,072	6,39	6,395	0,077	3,75	3,747	0,093
175	175	7,5	11	12	51,21	51,211	0,002	2880	2884,098	0,142	984	983,833	0,017	7,5	7,505	0,060	4,38	4,383	0,070
198	99	4,5	7	11	23,18	23,179	0,006	1580	1581,716	0,109	114	113,736	0,232	8,26	8,261	0,009	2,21	2,215	0,233
200	100	5,5	8	11	27,16	27,159	0,005	1840	1844,409	0,239	134	134,034	0,026	8,24	8,241	0,011	2,22	2,222	0,069
194	150	6	9	12	38,8	38,796	0,010	2675	2674,854	0,005	507	507,198	0,039	8,3	8,303	0,041	3,6	3,616	0,435
200	200	8	12	13	63,53	63,531	0,001	4720	4715,915	0,087	1600	1601,762	0,110	8,62	8,616	0,050	5,02	5,021	0,024
248	124	5	8	12	32,68	32,676	0,012	3540	3537,335	0,075	255	255,023	0,009	10,4	10,405	0,044	2,79	2,794	0,131
250	125	6	9	12	37,66	37,656	0,010	4050	4051,952	0,048	294	294,018	0,006	10,4	10,373	0,258	2,79	2,794	0,153
250	250	9	14	16	92,18	92,178	0,003	10800	10833,272	0,307	3650	3649,349	0,018	10,8	10,841	0,378	6,29	6,292	0,033
298	149	5,5	8	13	40,8	40,801	0,002	6320	6318,540	0,023	442	442,235	0,053	12,4	12,444	0,357	3,29	3,292	0,068
300	150	6,5	9	13	46,78	46,781	0,002	7210	7209,580	0,006	508	507,765	0,046	12,4	12,414	0,115	3,29	3,295	0,138
300	300	10	15	18	119,8	119,781	0,016	20400	20411,277	0,055	6750	6755,690	0,084	13,1	13,054	0,353	7,51	7,510	0,000
346	174	6	9	14	52,68	52,682	0,005	11100	11094,921	0,046	792	791,857	0,018	14,5	14,512	0,083	3,88	3,877	0,079
350	175	7	11	14	63,14	63,142	0,004	13600	13559,446	0,299	984	992,876	0,894	14,7	14,654	0,313	3,95	3,965	0,388
350	350	12	19	20	173,9	173,874	0,015	40300	40296,740	0,008	13600	13587,131	0,095	15,2	15,224	0,155	8,84	8,840	0,001
396	199	7	11	16	72,16	72,158	0,003	20000	20019,567	0,098	1450	1447,681	0,160	16,7	16,657	0,260	4,48	4,479	0,019
400	200	8	13	16	84,1	84,118	0,021	23700	23705,166	0,022	1740	1736,925	0,177	16,8	16,787	0,076	4,54	4,544	0,090
450	200	9	14	18	96,8	96,761	0,040	33500	33451,945	0,144	1870	1872,427	0,130	18,6	18,593	0,035	4,4	4,399	0,023
500	200	10	16	20	114,2	114,234	0,029	47800	47847,856	0,100	2140	2142,106	0,098	20,5	20,466	0,166	4,33	4,330	0,008
600	200	11	17	22	134,4	134,415	0,011	77600	77634,966	0,045	2280	2280,078	0,003	24	24,033	0,137	4,12	4,119	0,034
588	300	12	20	28	192,5	192,490	0,005	118000	118116,880	0,099	9020	9024,899	0,054	24,8	24,771	0,115	6,85	6,847	0,040

IV. 5.2. Validasi Kuat Penampang dengan Metode Perhitungan AISC

Tabel 4.9 Profil W Shapes AISC

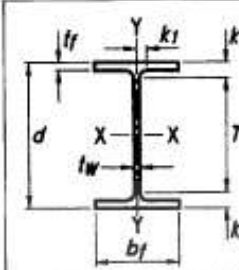


Table 1-1 (continued)
W Shapes
Dimensions

Shape	Area, A	Depth, d		Web			Flange			Distance				Work- able Gage	
				Thickness, t _w	t _w / 2	Width, b _f	Thickness, t _f	k		k ₁	T				
								k _{des}	k _{def}						
in. ²	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.				
W16×100	29.5	17.0	17	0.585	9/16	5/16	10.4	10 ³ / ₈	0.985	1	1.39	1 ⁷ / ₈	1 ¹ / ₈	13 ³ / ₄	5 ¹ / ₂
×89	26.2	16.8	16 ³ / ₄	0.525	1/2	1/4	10.4	10 ³ / ₈	0.875	7/8	1.28	1 ³ / ₄	1 ¹ / ₁₆	↓	↓
×77	22.6	16.5	16 ¹ / ₂	0.455	7/16	1/4	10.3	10 ¹ / ₄	0.760	3/4	1.16	1 ⁵ / ₈	1 ¹ / ₁₆	↓	↓
×67 ^c	19.7	16.3	16 ³ / ₈	0.395	3/8	3/16	10.2	10 ¹ / ₄	0.665	11/16	1.07	1 ⁹ / ₁₆	1	↓	↓
W16×57	16.8	16.4	16 ³ / ₈	0.430	7/16	1/4	7.12	7 ¹ / ₈	0.715	11/16	1.12	1 ³ / ₈	7/8	13 ⁵ / ₈	3 ¹ / ₂ ^d
×50 ^c	14.7	16.3	16 ¹ / ₄	0.380	3/8	3/16	7.07	7 ¹ / ₈	0.630	5/8	1.03	1 ⁵ / ₁₆	1 ³ / ₁₆	↓	↓
×45 ^c	13.3	16.1	16 ¹ / ₈	0.345	3/8	3/16	7.04	7	0.565	9/16	0.967	1 ¹ / ₄	1 ³ / ₁₆	↓	↓
×40 ^c	11.8	16.0	16	0.305	9/16	3/16	7.00	7	0.505	1/2	0.907	1 ³ / ₁₆	1 ³ / ₁₆	↓	↓
×36 ^c	10.6	15.9	15 ⁷ / ₈	0.295	9/16	3/16	6.99	7	0.430	7/16	0.832	1 ¹ / ₈	3/4	↓	↓
W16×31 ^c	9.13	15.9	15 ⁷ / ₈	0.275	1/4	1/8	5.53	5 ¹ / ₂	0.440	7/16	0.842	1 ¹ / ₈	3/4	13 ⁵ / ₈	3 ¹ / ₂
×26 ^{c,v}	7.68	15.7	15 ³ / ₄	0.250	1/4	1/8	5.50	5 ¹ / ₂	0.345	3/8	0.747	1 ¹ / ₁₆	3/4	13 ⁵ / ₈	3 ¹ / ₂
W14×730 ^h	215	22.4	22 ³ / ₈	3.07	3 ¹ / ₁₆	1 ⁹ / ₁₆	17.9	17 ⁷ / ₈	4.91	4 ¹⁵ / ₁₆	5.51	6 ³ / ₁₆	2 ³ / ₄	10	3-7 ¹ / ₂ -3 ⁹ / ₁₆
×665 ^h	196	21.6	21 ⁷ / ₈	2.83	2 ⁷ / ₁₆	1 ⁷ / ₁₆	17.7	17 ⁵ / ₈	4.52	4 ⁷ / ₂	5.12	5 ¹³ / ₁₆	2 ³ / ₈	↓	3-7 ¹ / ₂ -3 ⁹ / ₁₆
×605 ^h	178	20.9	20 ⁷ / ₈	2.60	2 ⁵ / ₈	1 ⁵ / ₁₆	17.4	17 ³ / ₈	4.16	4 ³ / ₁₆	4.76	5 ⁷ / ₁₆	2 ¹ / ₂	↓	3-7 ¹ / ₂ -3
×550 ^h	162	20.2	20 ¹ / ₄	2.38	2 ³ / ₈	1 ³ / ₁₆	17.2	17 ¹ / ₄	3.82	3 ¹³ / ₁₆	4.42	5 ⁵ / ₈	2 ³ / ₈	↓	↓
×500 ^h	147	19.6	19 ⁵ / ₈	2.19	2 ³ / ₁₆	1 ¹ / ₈	17.0	17	3.50	3 ¹ / ₂	4.10	4 ¹³ / ₁₆	2 ⁵ / ₁₆	↓	↓
×455 ^h	134	19.0	19	2.02	2	1	16.8	16 ⁷ / ₈	3.21	3 ³ / ₁₆	3.81	4 ¹ / ₂	2 ¹ / ₄	↓	↓
×426 ^h	125	18.7	18 ⁵ / ₈	1.88	1 ⁷ / ₈	1 ⁵ / ₁₆	16.7	16 ³ / ₄	3.04	3 ¹ / ₁₆	3.63	4 ⁵ / ₁₆	2 ¹ / ₈	↓	↓
×398 ^h	117	18.3	18 ¹ / ₄	1.77	1 ³ / ₄	7/8	16.6	16 ⁵ / ₈	2.85	2 ⁷ / ₈	3.44	4 ¹ / ₈	2 ¹ / ₈	↓	↓
×370 ^h	109	17.9	17 ⁷ / ₈	1.66	1 ⁵ / ₈	1 ³ / ₁₆	16.5	16 ¹ / ₂	2.66	2 ¹¹ / ₁₆	3.26	3 ¹⁵ / ₁₆	2 ¹ / ₁₆	↓	↓
×342 ^h	101	17.5	17 ¹ / ₂	1.54	1 ⁹ / ₁₆	1 ³ / ₁₆	16.4	16 ³ / ₈	2.47	2 ¹ / ₂	3.07	3 ³ / ₄	2	↓	↓
×311 ^h	91.4	17.1	17 ¹ / ₈	1.41	1 ⁷ / ₁₆	3/4	16.2	16 ¹ / ₄	2.26	2 ¹ / ₄	2.86	3 ⁹ / ₁₆	1 ¹⁰ / ₁₆	↓	↓
×283 ^h	83.3	16.7	16 ³ / ₄	1.29	1 ⁵ / ₁₆	1 ¹ / ₁₆	16.1	16 ¹ / ₈	2.07	2 ¹ / ₁₆	2.67	3 ³ / ₈	1 ⁷ / ₈	↓	↓
×257	75.6	16.4	16 ³ / ₈	1.18	1 ³ / ₁₆	5/8	16.0	16	1.89	1 ⁷ / ₈	2.49	3 ³ / ₁₆	1 ¹³ / ₁₆	↓	↓
×233	68.5	16.0	16	1.07	1 ¹ / ₁₆	9/16	15.9	15 ⁷ / ₈	1.72	1 ³ / ₄	2.32	3	1 ³ / ₄	↓	↓

Untuk validasi output program, diambil salah satu sampel dari profil AISC. Perbedaannya adalah pada satuan yang dipakai dan nilai jari-jari takikan. Untuk nilai jari-jari takikan yang mewakili adalah nilai k_1 dikurangi nilai setengah tebal badan profil.

Tabel 4.10 Kuat nominal kolom AISC




Table 4-1
Available Strength in
Axial Compression, kips $F_y = 50 \text{ ksi}$
W Shapes

Shape		W14x											
		730 ^h		665 ^h		605 ^h		550 ^h		500 ^h		455 ^h	
Design	Wt./ft	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$	P_n/Ω_c	$\phi_c P_n$
		ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD
Effective length KL (ft) with respect to least radius of gyration r_y	0	6440	9670	5870	8820	5330	8010	4850	7290	4400	6610	4010	6030
	11	6070	9130	5530	8310	5010	7530	4550	6840	4120	6200	3750	5640
	12	6010	9030	5470	8220	4950	7440	4500	6760	4070	6120	3710	5570
	13	5940	8920	5400	8110	4890	7350	4440	6670	4020	6040	3660	5500
	14	5860	8810	5330	8010	4820	7250	4380	6580	3960	5950	3600	5420
	15	5790	8690	5250	7890	4750	7140	4310	6480	3900	5860	3550	5330
	16	5690	8560	5170	7770	4680	7030	4240	6380	3840	5770	3490	5240
	17	5610	8430	5090	7650	4600	6920	4170	6270	3770	5660	3420	5150
	18	5510	8290	5000	7520	4520	6790	4100	6160	3700	5560	3360	5050
	19	5420	8140	4910	7380	4440	6670	4020	6040	3630	5450	3290	4950
	20	5320	7990	4820	7240	4350	6540	3940	5920	3550	5340	3220	4840
	22	5110	7670	4620	6950	4170	6260	3770	5660	3390	5100	3080	4620
	24	4890	7340	4420	6640	3980	5980	3590	5400	3230	4860	2920	4400
	26	4660	7000	4200	6320	3780	5680	3410	5120	3060	4600	2770	4160
	28	4420	6650	3990	5990	3580	5380	3220	4840	2890	4340	2610	3920
	30	4180	6290	3760	5660	3370	5070	3030	4560	2720	4080	2450	3680
	32	3940	5930	3540	5320	3170	4760	2840	4270	2540	3820	2290	3440
	34	3700	5560	3320	4990	2960	4450	2650	3990	2370	3560	2130	3200
	36	3460	5200	3100	4650	2760	4140	2460	3700	2200	3300	1970	2960
	38	3220	4850	2880	4330	2560	3840	2280	3430	2030	3050	1820	2730
40	2990	4500	2670	4010	2360	3550	2100	3160	1870	2800	1670	2510	
42	2770	4160	2460	3690	2170	3270	1930	2900	1710	2570	1520	2290	
44	2550	3830	2260	3390	1990	2990	1760	2650	1560	2340	1390	2080	
46	2330	3510	2060	3100	1820	2730	1610	2420	1420	2140	1270	1910	
48	2140	3220	1900	2850	1670	2510	1480	2220	1310	1960	1160	1750	
50	1970	2970	1750	2630	1540	2310	1360	2050	1200	1810	1070	1610	

Tabel 4.11 Perbandingan hasil output dengan tabel AISC

Le (ft)	ϕP_n (kips)		
	Output	Tabel AISC	Deviasi (%)
0	9712,2184	9670	0,434693684
11	9163,5932	9130	0,366594187
12	9062,8692	9030	0,362679845
13	8954,642	8920	0,386860804
14	8839,2077	8810	0,330433462
15	8716,8798	8690	0,308364927
16	8587,9869	8560	0,325884288
17	8452,8719	8430	0,27058141
18	8311,8904	8290	0,263362472
19	8165,4087	8140	0,311174871
20	8013,8027	7990	0,297021288
22	7696,759	7670	0,347665816
24	7363,8941	7340	0,324476421
26	7018,3914	7000	0,262045802
28	6663,4331	6650	0,20159428
30	6302,1524	6290	0,192829358
32	5937,5894	5930	0,127819549
34	5572,6508	5560	0,22701584
36	5210,0741	5200	0,193358094
38	4852,3976	4850	0,049410625
40	4501,9354	4500	0,042990399
42	4160,7588	4160	0,018237058
44	3830,6831	3830	0,017832329
46	3506,0088	3510	0,113838847
48	3219,9282	3220	0,002229863
50	2967,4859	2970	0,084721548

IV. 5.3 Validasi Kuat Penampang dengan Tata Cara Perhitungan SNI

Pada SNI 03-1729-2002 belum ada tabel atau grafik yang menunjukkan nilai kuat nominal aksial untuk kolom dengan profil WF. Maka digunakan perhitungan secara manual untuk mengetahui output program yang sudah ada telah sesuai dengan kaidah perhitungan SNI. Diambil satu sampel profil untuk dilakukan validasi.

Data Profil :

$$H = 150 \text{ mm} \quad f_y = 210 \text{ Mpa (asumsi)}$$

$$B = 75 \text{ mm} \quad E = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$t_f = 7 \text{ mm} \quad K = 1 \text{ (asumsi)}$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad L = 3000 \text{ mm (asumsi)}$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

Karena perhitungan properti penampang sudah divalidasi, maka hasil perhitungan properti penampang sebelumnya dapat dipakai untuk melanjutkan perhitungan kuat nominal kolom.

$$A = 17,849 \text{ cm}^2 \quad I_x = 666,167 \text{ cm}^4 \quad r_x = 6,109 \text{ cm}$$

$$I_y = 50,442 \text{ cm}^4 \quad r_y = 1,681 \text{ cm}$$

Cek kelangsingan struktur

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \rightarrow \frac{1 \times 3000}{16,81} = 178,465 \leq 200 \rightarrow OK !$$

Cek kelangsingan penampang

$$\text{Sayap : } \frac{B/2}{t_f} \leq \frac{250}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{75/2}{7} \leq \frac{250}{\sqrt{210}} \rightarrow 5,357 \leq 17,25 \rightarrow OK !$$

$$\text{Badan : } \frac{h}{t_w} \leq \frac{665}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{150-7-7}{5} \leq \frac{665}{\sqrt{210}} \rightarrow 27,2 \leq 45,889 \rightarrow OK !$$

Penampang masuk dalam kategori tak langsing

Menghitung Parameter kelangsingan batang tekan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \rightarrow \frac{1 \times 3000}{16,81 \times \pi} \sqrt{\frac{210}{200000}} = 1,841$$

Syarat nilai koefisien tekuk (ω)

$$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \rightarrow \omega = 1,25\lambda_c^2$$

$$1,841 \geq 1,2 \rightarrow \omega = 1,25\lambda_c^2 \rightarrow \omega = 4,23$$

Menghitung tegangan kritis

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega} \rightarrow f_{cr} = \frac{210}{4,23} = 49,57$$

Menghitung kuat nominal

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \rightarrow N_n = 1784,9 \times 49,57 = 88477,493 \text{ N}$$

Hasil output program

```

fy= 210
k= 1
profil 150x75
Data Profil
-----
A (mm2)= 1784.9381
Ix (mm4)= 6661667.0021
Iy (mm4)= 504415.6871
rx (mm)= 61.0914
ry (mm)= 16.8106
weight (kg/m)= 14.0118
Pn_y= 374836.9947      311641.5865      199135.3314      88504.59175
L= 0 1000 2000 3000
Le= 0 1000 2000 3000

```

Maka nilai deviasi dari kedua hasil perhitungan diatas adalah :

$$n = \frac{88504,59175 - 88477,493}{88477,493} \times 100\% = 0,031 \%$$

BAB V

KESIMPULAN

1. Terdapat perbedaan perhitungan kapasitas nominal kolom antara SNI dan AISC. SNI menggunakan nilai koefisien tekuk kolom (ω) sebagai penentu besarnya tegangan kritis, sedangkan AISC menggunakan nilai f_e sebagai penentu besarnya tegangan kritis. Pada AISC, nilai f_e adalah batas antara kondisi *elastic* atau *inelastic buckling*.
2. SNI 03-1729-2002, pasal 7.6.2 menyatakan bahwa perhitungan kuat nominal pada kolom berpenampang langsing dilakukan mengacu kepada metode-metode analisis yang rasional. Dalam perhitungan ini, perhitungan kolom dengan penampang langsing mengacu kepada AISC 2010.
3. Untuk kolom dengan penampang tak langsing berdasarkan metode SNI, hasil grafik menunjukkan adanya garis lurus pada kolom dengan panjang interval yang pendek, hal ini disebabkan karena koefisien tekuknya (ω) pada *range* ini adalah 1.
4. Terdapat perbedaan nilai properti penampang hasil perhitungan program dengan yang diterbitkan oleh PT. Gunung Garuda. Perbedaan maksimum dari hasil perhitungan program masing-masing adalah A (luas penampang) : 0,04 % ; I_x (Inersia Sumbu x) : 0,307 % ; I_y (Inersia Sumbu y) : 0,199 % ; r_x (jari-jari girasi sumbu x) : 0,378 % ; r_y (jari-jari girasi sumbu y) : 0,388 %.
5. Dilakukan perbandingan nominal capacity output program dengan hasil perhitungan AISC menggunakan profil (W 14 x 730). Dengan panjang kolom dan mutu yang bervariasi, diperoleh deviasi yang sangat kecil dengan nilai maksimum 0,43 %.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, AISC. (2010). *AISC Steel Construction Manual 13th Edition*. United States of America. Chicago.
- American Institute of Steel Construction, AISC. 2010. *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- Away, G. A. (2010). *MATLAB Programing*. Jakarta: Informatika.
- Bowles, Joseph E. 1985. *Disain Baja Konstruksi*, terj. Pantur Silaban, Ph.D. Jakarta: Erlangga.
- Johnston, B. G., Lin, F.-J., & Galambos, T. V. (1980). *BASIC STEEL DESIGN, Second Edition*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Kiusalaas, Jaan. 2010. Pennsylvania State University. *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. 2nd edition. New York : Cambridge Univeristy Press.
- Mulyono. 2006. *Buku Ajar Konstruksi Baja*. Jakarta. Politeknik Negeri Jakarta
- Salmon, Charles G. dan John E. Jhonson. 1991. *Struktur Baja*, terj. Ir. Wira, M.S.C.E. Jakarta: Erlangga.
- Segui, William T. 2007. *Steel Design*, Fourth Edition. Canada: Thomson.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- Smith, J.C. 1996. *Structural Steel Design LRFD Approach*, Second Edition. North Carolina State University: John Willey & Sons, Inc.
- SNI 03 -1729. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Theodosius, Gunawan. Saleh, Margaret. 2007. *Diktat Teori Soal dan Penyelesaian Mekanika Teknik*. Jakarta : Delta Teknik Group Jakarta

LAMPIRAN 1

TABEL NILAI Pn

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 210 MPa SNI	0	459866,6	636581,6	842912,1	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	1000	459866,6	636581,6	842912,1	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	2000	408220,7	595893,5	815721,2	1064774	1334145	1935728	2515406	3651346
	3000	355063	537710,7	752022,5	995520,3	1268249	1906979	2515406	3651346
	4000	301905,4	479527,9	688323,9	926266,5	1193416	1820689	2441953	3621785
	5000	241763,8	421345,1	624625,2	857012,6	1118583	1734399	2348832	3505876
	6000	167891,5	363162,3	560926,6	787758,7	1043749	1648109	2255710	3389966
	7000	123348,9	273114,3	497227,9	718504,9	968915,8	1561819	2162588	3274057
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	649251	894082,4	1475529	2069467	3158148
	9000		165217,3	320014	562269,8	819249,1	1389239	1976345	3042238
	10000		133826	259211,3	455438,6	744415,7	1302949	1883223	2926329
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1216659	1790101	2810420
	12000			180007,9	316276,8	517158	1130369	1696980	2694510
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1603858	2578601
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1510736	2462691
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1417615	2346782
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2230873
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2114963
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 240 MPa SNI	0	525561,8	727521,8	963328,1	1229067	1524737	2212261	2874750	4172967
	1000	523094,9	727521,8	963328,1	1229067	1524737	2212261	2874750	4172967
	2000	458148,7	671838,9	922200	1205955	1523142	2212261	2874750	4172967
	3000	393202,5	600753,1	844375,2	1121343	1431713	2158978	2875184	4172967
	4000	328256,3	529667,4	766550,4	1036731	1340284	2053552	2761412	4102598
	5000	241763,8	458581,6	688725,6	952119,4	1248855	1948126	2647639	3960984
	6000	167891,5	371738,8	610900,7	867507,4	1157426	1842699	2533866	3819370
	7000	123348,9	273114,3	529002,7	782895,4	1065997	1737273	2420093	3677756
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	698283,4	974568,6	1631847	2306320	3536142
	9000		165217,3	320014	562269,8	883139,7	1526421	2192547	3394528
	10000		133826	259211,3	455438,6	744707,5	1420995	2078774	3252913
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1315569	1965001	3111299
	12000			180007,9	316276,8	517158	1188001	1851228	2969685
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1737455	2828071
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1623682	2686457
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1432542	2544843
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2403229
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2201871
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 245 MPa SNI	0	536511	742678,5	983397,5	1254672	1556502	2258349	2934640	4259904
	1000	533305,7	742678,5	983397,5	1254672	1556502	2258349	2934640	4259904
	2000	466319,4	684331,5	939765,9	1229289	1552939	2258349	2934640	4259904
	3000	399333,1	611012,8	859496,5	1142019	1458639	2200611	2931473	4259904
	4000	332346,8	537694,1	779227	1054750	1364338	2091873	2814127	4182076
	5000	241763,8	464375,4	698957,5	967479,7	1270037	1983135	2696780	4036014
	6000	167891,5	371738,8	618688	880209,8	1175736	1874397	2579433	3889951
	7000	123348,9	273114,3	529002,7	792940	1081435	1765659	2462086	3743889
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	705670,2	987134,4	1656922	2344740	3597826
	9000		165217,3	320014	562269,8	892833,5	1548184	2227393	3451764
	10000		133826	259211,3	455438,6	744707,5	1439446	2110046	3305701
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1330708	1992699	3159639
	12000			180007,9	316276,8	517158	1188001	1875352	3013576
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1758006	2867514
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1640659	2721451
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1432542	2575389
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2429327
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2201871
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 250 MPa SNI	0	547460,2	757835,2	1003467	1280278	1588268	2304438	2994531	4346841
	1000	543495,5	757835,2	1003467	1280278	1588268	2304438	2994531	4346841
	2000	474448,2	696778,3	957281,7	1252569	1582678	2304438	2994531	4346841
	3000	405400,9	621203,8	874542,5	1162614	1485476	2242142	2987652	4346841
	4000	336353,5	545629,2	791803,3	1072659	1388274	2130058	2866695	4261372
	5000	241763,8	470054,6	709064,1	982703,7	1291071	2017975	2745738	4110815
	6000	167891,5	371738,8	626324,9	892748,8	1193869	1905891	2624780	3960259
	7000	123348,9	273114,3	529002,7	802793,8	1096667	1793808	2503823	3809702
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	712838,8	999464,5	1681724	2382866	3659146
	9000		165217,3	320014	562269,8	902262,2	1569641	2261909	3508589
	10000		133826	259211,3	455438,6	744707,5	1457557	2140951	3358033
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1345474	2019994	3207476
	12000			180007,9	316276,8	517158	1188001	1899037	3056920
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1778080	2906363
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1644500	2755807
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1432542	2605250
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2454694
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2201871
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 290 MPa SNI	0	635053,8	879088,8	1164022	1485122	1842391	2673148	3473656	5042335
	1000	624284,9	879088,8	1164022	1485122	1842391	2673148	3473656	5042335
	2000	538020	794756,5	1095660	1436903	1818535	2673148	3473656	5042335
	3000	451755,1	700336,7	992289	1324517	1697095	2570838	3433251	5042335
	4000	365490,3	605917	888918,1	1212131	1575654	2430805	3282132	4889378
	5000	241763,8	511497,3	785547,2	1099745	1454214	2290773	3131013	4701279
	6000	167891,5	371738,8	682176,3	987359,3	1332773	2150740	2979894	4513180
	7000	123348,9	273114,3	529002,7	874973,3	1211333	2010708	2828775	4325081
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	711622,8	1089892	1870676	2677656	4136982
	9000		165217,3	320014	562269,8	919392	1730643	2526537	3948883
	10000		133826	259211,3	455438,6	744707,5	1590611	2375418	3760784
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1413820	2224299	3572685
	12000			180007,9	316276,8	517158	1188001	2073180	3384586
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1907231	3196487
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1644500	3008388
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1432542	2820289
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2485706
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2201871
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 410 MPa SNI	0	897834,7	1242850	1645686	2099655	2604759	3779278	4911031	7128819
	1000	859555,4	1231877	1645686	2099655	2604759	3779278	4911031	7128819
	2000	714540,4	1073154	1493785	1971413	2506122	3757762	4911031	7128819
	3000	569525,5	914430,3	1320014	1782488	2301976	3522362	4732747	7027693
	4000	377755,9	755706,7	1146243	1593562	2097829	3286961	4478710	6711491
	5000	241763,8	535303,9	972472	1404637	1893683	3051561	4224672	6395288
	6000	167891,5	371738,8	720031,5	1215711	1689536	2816160	3970635	6079086
	7000	123348,9	273114,3	529002,7	929466,5	1485389	2580760	3716597	5762883
	8000	94438,98	209103,1	405017,7	711622,8	1163605	2345359	3462560	5446681
	9000		165217,3	320014	562269,8	919392	2109959	3208522	5130478
	10000		133826	259211,3	455438,6	744707,5	1710722	2954485	4814276
	11000			214224,2	376395,5	615460,7	1413820	2663818	4498073
	12000			180007,9	316276,8	517158	1188001	2238347	4181871
	13000				269490,3	440655,3	1012261	1907231	3765329
	14000				232366,6	379952,8	872817,2	1644500	3246636
	15000				202417,1	330981,1	760320,8	1432542	2828181
	16000					290901,4	668250,7	1259070	2485706
	17000					257684,3	591945,2	1115301	2201871
	18000						528000,5	994820,9	1964014
	19000						473884,1	892858,6	1762716
	20000						427680,4	805804,9	1590852
	21000						387918,8	730888,8	1442949
	22000							665954,5	1314753
	23000							609304,3	1202912
	24000							559586,8	1104758
	25000							515715,2	1018145
	26000							476807,6	941332,3
	27000								872895,2
	28000								811659
	29000								756647,6
30000								707045,1	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300	
	0	374837	563612,1	486752,1	570332,1	814718,2	686198,2	790778,2	856814,9	982394,9	1106332	1325992	1515308	1766468	2031986	2398906	2822709	4042288	
	1000	374837	563612,1	486752,1	570332,1	814718,2	683381,5	790778,2	854354,8	982394,9	1103995	1323245	1512878	1763679	2029371	2396357	2820533	4042288	
	2000	360095,1	542308,6	486752,1	571243	814718,2	675000,4	790778,2	847016,8	982394,9	1097015	1315039	1505611	1755339	2021544	2388727	2814017	4042288	
	3000	330443,7	498155,4	459191,3	537797,5	769321,5	661259,8	774265,8	834926,7	982394,9	1085478	1301476	1493577	1741525	2008567	2376063	2803191	4042288	
	4000	300792,2	454002,2	430715,8	504352,1	721904,4	642491,5	737425,4	818289,8	946212,5	1069531	1282721	1476891	1722369	1990539	2358447	2788104	4042288	
	5000	271140,7	409849	402240,3	470906,6	674487,3	619141,5	700585,1	797385,7	907969,8	1049371	1259005	1455711	1698049	1967598	2335990	2768825	4042288	
	6000	241489,3	365695,8	373764,7	437461,2	627070,2	591751,9	663744,7	772560,2	869727,1	1025246	1230613	1430237	1668790	1939918	2308832	2745444	4042288	
	7000	211837,8	321542,7	345289,2	404015,7	579653,1	560940,3	626904,3	744215,4	831484,5	997449,6	1197884	1400705	1634861	1907706	2277143	2718065	3970817	
	8000	164370	252002,2	316813,7	370570,3	532236	527376,5	590064	712799,8	793241,8	966311,5	1161199	1367387	1596568	1871203	2241119	2686814	3891957	
	9000	129872,6	199112,9	288338,2	337124,8	484818,9	491758,9	553223,6	678795,5	754999,2	932195,1	1120979	1330583	1554253	1830676	2200980	2651830	3813097	
	10000	105196,8	161281,4	249774,6	291257,5	422396	454790	516383,3	642706,7	716756,5	895488,4	1077674	1290620	1508285	1786419	2156969	2613269	3734236	
	11000	86939,53	133290,4	206425,3	240708,6	349087,6	417154,3	479542,9	605047,2	678513,9	856597,1	1031754	1247846	1459059	1738748	2109349	2571301	3655376	
	12000	73053,35	112001	173454,6	202262,1	293330,5	379498,3	442702,6	566328,3	640271,2	815937,1	983702,3	1202622	1406986	1687994	2058399	2526109	3576515	
	13000			147795,6	172341,7	249938,4	342412,9	378614,6	527047,4	602028,6	773927,6	934007,3	1155324	1352490	1634507	2004413	2477887	3497655	
	14000			127436	148600,7	215508,2	306420,4	326458,5	487678,6	563785,9	730983,2	883152,7	1106328	1296003	1578642	1947697	2426841	3418795	
	15000			111010,9	129447,8	187731,5	271964,6	284381,6	448662,9	505996,1	687508,4	831611	1056015	1237957	1520764	1888567	2373185	3339934	
	16000			97568,21	113772,4	164998,4	239202,4	249944,8	410401,7	444723,1	643890,6	779836,6	1004760	1178780	1461239	1827342	2317140	3261074	
	17000						211888,7	221404,4	373250,8	393941,6	600495,4	728259,1	952929,1	1118890	1400432	1764347	2258932	3182214	
	18000						188999,5	197487,2	337516,3	351386,2	557661,6	677278,3	900875,4	1058692	1338702	1699906	2198794	3103353	
	19000						169628,3	177246,1	302997,4	315371,5	515697,8	627259,6	848935,7	998572	1276401	1634339	2136959	3024493	
	20000						153089,6	159964,6	273455,1	284622,8	474879,4	578530,6	797426,8	938894,3	1213868	1567964	2073663	2945632	
	21000						248031,9	258161,3	435446,5	531379	746642,6	879997,8	1151429	1501090	2009142	2866772			
	22000							225996	235225,5	396833,4	484982,3	696852,2	822193,4	1089392	1434016	1943629	2787912		
	23000							206771,4	215215,7	363076,3	443726,7	648297,8	765762,3	1028045	1367029	1877355	2709051		
	24000							189899,4	197654,7	333450,3	407519,9	601193,6	710954	967657,8	1300404	1810547	2630191		
	25000									307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	908474	1234398	1743427	2551331		
	26000									284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	850715,7	1169254	1676208	2472470		
	27000									263466,9	321991	475397	562917,6	794580,1	1105196	1609098	2393610		
	28000									244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1042428	1542295	2314750		
	29000									228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	981137	1475988	2217868		
	30000										385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1410355	2072474			
	31000											360629	427020,7	602597,5	861922,9	1345564	1940923		
	32000											338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1281772	1821511		
	33000												318241	376829,1	531768,8	760613,3	1219123	1712789	
	34000													500948,3	716529,4	1157749	1613518		
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1522634		
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1439218		
	37000													423006,7	605046	981710,1	1362474		
	38000														573620,5	930721	1291708		
	39000														544581,2	883603,6	1226316		
	40000														517692,5	839975,7	1165767		
	41000															799501	1109594		
	42000															761882,7	1057385		
	43000															726858,4	1008776		
	44000															694194,8	963443,7		
	45000															663684,5	921099,8		
	46000															635142,3	881487,2		
	47000															608402,5	844376,2		
	48000															583316,5	809560,3		
	49000																	776854,2	

Sumbu x	Le (mm) Profil	Pn (N) 150x75	Pn (N) 148x100	Pn (N) 198x99	Pn (N) 200x100	Pn (N) 194x150	Pn (N) 248x124	Pn (N) 250x125	Pn (N) 298x149	Pn (N) 300x150	Pn (N) 346x174	Pn (N) 350x175	Pn (N) 396x199	Pn (N) 400x200	Pn (N) 450x200	Pn (N) 500x200	Pn (N) 600x200	Pn (N) 588x300
	0	428385,1	644128,1	556288,1	651808,1	931106,6	784226,6	903746,6	979217	1122737	1264379	1515419	1731781	2018821	2322270	2741607	3225953	4619758
	1000	428385,1	644128,1	556288,1	651808,1	931106,6	780548,6	903746,6	976004,5	1119036	1261328	1511833	1728607	2015178	2318854	2738278	3223112	4615928
	2000	406857,8	612813,1	552839,5	647570,8	925932,4	769618	903746,6	966430	1108005	1252217	1501122	1719121	2004291	2308636	2728316	3214603	4604458
	3000	370630,6	558868,3	518049,1	606708,3	867999,8	751739,3	876154,1	950680,9	1089862	1237179	1483441	1703427	1986275	2291707	2711792	3200473	4585405
	4000	334403,5	504923,4	483258,7	565845,8	810067,2	727404,8	831143,8	929062,3	1064959	1216428	1459036	1681695	1961325	2268215	2688827	3180794	4558862
	5000	298176,4	450978,6	448468,3	524983,3	752134,6	697271,5	786133,5	901987,7	1033776	1190259	1428247	1654161	1929707	2238363	2659586	3155671	4524962
	6000	261949,2	397033,7	413678	484120,8	694202	662131,8	741123,3	869965,7	996899,8	1159038	1391497	1621120	1891754	2202411	2624278	3125234	4483870
	7000	214687,4	329145,8	378887,6	443258,3	636269,4	622879,2	696113	833584,1	955011,5	1123195	1349282	1582922	1847861	2160667	2583155	3089641	4435788
	8000	164370	252002,2	344097,2	402395,9	578336,8	580470,4	651102,7	793491,8	908861,2	1083212	1302162	1539964	1798479	2113482	2536505	3049076	4380949
	9000	129872,6	199112,9	308363,7	359577,1	520404,2	535886,9	606092,4	750379,9	859247,7	1039617	1250745	1492685	1744107	2061250	2484653	3003746	4319618
	10000	105196,8	161281,4	249774,6	291257,5	422396	490098,1	561082,1	704961,9	806995,4	992965	1195679	1441560	1685281	2004400	2427953	2953880	4252086
	11000	86939,53	133290,4	206425,3	240708,6	349087,6	444027,3	516071,9	657954,5	752931,7	943834,4	1137631	1387089	1622568	1943387	2366790	2899728	4178674
	12000	73053,35	112001	173454,6	202262,1	293330,5	398522,8	444346,2	610058,9	697865,9	892809,5	1077284	1329788	1556557	1878693	2301568	2841556	4099723
	13000			147795,6	172341,7	249938,4	354334,6	378614,6	561944,5	642569,7	840471,4	1015315	1270186	1487849	1810814	2232711	2779649	4015598
	14000			127436	148600,7	215508,2	312097,8	326458,5	514234,1	587760,4	787386,9	952385,4	1208813	1417046	1740256	2160658	2714303	3926681
	15000			111010,9	129447,8	187731,5	272159,2	284381,6	467491,8	534087,3	734098,9	889132,3	1146193	1344747	1667531	2085856	2645827	3833369
	16000			97568,21	113772,4	164998,4	239202,4	249944,8	422214,2	482121,1	681117,6	826155,2	1082837	1271536	1593148	2008756	2574538	3736072
	17000						211888,7	221404,4	378484,6	431858,5	628913,3	764009,2	1019237	1197976	1517608	1929811	2500759	3635211
	18000						188999,5	197487,2	337598,9	385207,1	577910,4	703197,2	955860,2	1124603	1441401	1849469	2424817	3531210
	19000						169628,3	177246,1	302997,4	345726	528483,5	644165,2	893141,3	1051918	1364996	1768170	2347043	3424501
	20000						153089,6	159964,6	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	831481,8	980383,4	1288841	1686342	2267762	3315512
	21000								248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	771244,6	910419,4	1213357	1604398	2187303	3204672
	22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	712751,8	842400,4	1138936	1522731	2105983	3092403
	23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1065937	1441714	2024117	2979123
	24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	994684,4	1361694	1942008	2865236
	25000								307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	925465,9	1282994	1859949	2751135		
	26000								284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1205909	1778222	2637201		
	27000								263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1130705	1697092	2523795		
	28000								244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1616812	2411263		
	29000								228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1537618	2299931		
	30000										385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1459728	2190104		
	31000										360629	427020,7	602597,5	861922,9	1383344	2082065		
	32000										338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1308649	1976075		
	33000										318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1872373		
	34000										500948,3	716529,4	1162596	1768819				
	35000												472731,6	676169,7	1097111	1669188		
	36000												446833,5	639126,5	1037007	1577743		
	37000												423006,7	605046	981710,1	1493612		
	38000													573620,5	930721	1416035		
	39000													544581,2	883603,6	1344349		
	40000													517692,5	839975,7	1277972		
	41000														799501	1216392		
	42000														761882,7	1159158		
	43000														726858,4	1105871		
	44000														694194,8	1056175		
	45000														663684,5	1009756		
	46000														635142,3	966330,4		
	47000														608402,5	925647,4		
	48000														583316,5	887480,5		
	49000															851626,5		

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	437309,8	657547,5	567877,5	665387,5	950504,6	800564,6	922574,6	999617,4	1146127	1290721	1546991	1767859	2060879	2370650	2798724	3293160	4716003
	1000	437309,8	657547,5	567877,5	665387,5	950504,6	796732	922574,6	996269,7	1142270	1287541	1543253	1764552	2057084	2367091	2795255	3290199	4712012
	2000	414567,5	624438,7	563620,9	660197,3	943996,9	785344	922574,6	986293,9	1130777	1278048	1532093	1754668	2045739	2356444	2784874	3281333	4700060
	3000	377202,4	568799,3	527737,7	618051,3	884244,5	766724,5	892978,9	969888,9	1111879	1262381	1513673	1738317	2026970	2338805	2767657	3266609	4680206
	4000	339837,3	513160	491854,5	575905,2	824492,1	741396,4	846554,7	947379,4	1085950	1240771	1488256	1715681	2000981	2314333	2743733	3246107	4652552
	5000	302472,1	457520,6	455971,2	533759,1	764739,8	710057,3	800130,5	919204,5	1053499	1213528	1456203	1687011	1968057	2283245	2713276	3219936	4617237
	6000	265107	401881,2	420088	491613	704987,4	673547,3	753706,4	885904	1015151	1181043	1417964	1652619	1928551	2245814	2676511	3188236	4574438
	7000	214687,4	329145,8	384204,7	449466,9	645235	632811,8	707282,2	848100,7	971626,8	1143770	1374064	1612876	1882884	2202369	2633702	3151173	4524369
	8000	164370	252002,2	348321,5	407320,9	585482,6	588861	660858,1	806481,5	923719,9	1102222	1325097	1568206	1831532	2153282	2585157	3108944	4467277
	9000	129872,6	199112,9	308363,7	359577,1	521476,5	542728,7	614433,9	761776,8	872274,6	1056957	1271707	1519074	1775025	2098972	2531221	3061769	4403443
	10000	105196,8	161281,4	249774,6	291257,5	422396	495432,5	568009,8	714738,7	818160	1008562	1214577	1465980	1713931	2039893	2472270	3009889	4333178
	11000	86939,53	133290,4	206425,3	240708,6	349087,6	447938,1	521585,6	666121	762246,4	957646,5	1154415	1409454	1648849	1976527	2408710	2953571	4256821
	12000	73053,35	112001	173454,6	202262,1	293330,5	401128,3	444346,2	616659,2	705382,4	904826,6	1091937	1350043	1580400	1909382	2340969	2893098	4174734
	13000			147795,6	172341,7	249938,4	355779	378614,6	567052,9	648374,5	850712,7	1027855	1288302	1509219	1838983	2269497	2828769	4087304
	14000			127436	148600,7	215508,2	312542,5	326458,5	517950,5	591969,6	795898,8	962864,2	1224789	1435940	1765865	2194756	2760900	3994935
	15000			111010,9	129447,8	187731,5	272159,2	284381,6	469936,5	536840,1	740952,2	897629,1	1160055	1361191	1690566	2117219	2689817	3898048
	16000			97568,21	113772,4	164998,4	239202,4	249944,8	423522,4	483573,6	686404,3	832774,7	1094635	1285585	1613620	2037360	2615853	3797075
	17000						211888,7	221404,4	378484,6	431858,5	632742,7	768877	1029044	1209710	1535556	1955657	2539351	3692461
	18000						188999,5	197487,2	337598,9	385207,1	580405,7	706455,7	963767,2	1134124	1456882	1872579	2460657	3584654
	19000						169628,3	177246,1	302997,4	345726	529777,7	645969,2	899257,1	1059348	1378092	1788589	2380115	3474108
	20000						153089,6	159964,6	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	835928,7	985860,2	1299651	1704133	2298072	3361274
	21000								248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	774155,5	914094,3	1221997	1619642	2214869	3246604
	22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	714267,3	844433,6	1145534	1535527	2130842	3130540
	23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1070634	1452174	2046319	3013519
	24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	997628,3	1369943	1961616	2895964
	25000										307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926811,2	1289167	1877040	2778287
	26000										284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1210148	1792882	2660882
	27000										263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1133158	1709420	2544127
	28000										244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1626913	2428380
	29000										228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1545607	2313978
	30000												385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1465724	2201235
	31000												360629	427020,7	602597,5	861922,9	1387472	2090442
	32000												338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1311037	1981868
	33000												318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1875753
	34000													500948,3	716529,4	1162596	1768819	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000															799501	1216392	
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Fv = 245 MPa SNI

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300	
0	446234,5	670966,8	579466,8	678966,8	969902,7	816902,7	941402,7	1020018	1169518	1317062	1578562	1803938	2102938	2419031	2855841	3360367	4812248	
1000	446234,5	670966,8	579466,8	678966,8	969902,7	812912,2	941402,7	1016532	1165502	1313751	1574670	1800495	2098986	2415325	2852229	3357285	4808092	
2000	422253,9	636029,5	574379,9	672797,5	962024,1	801057,5	941402,7	1006147	1153537	1303868	1563052	1790204	2087174	2404240	2841420	3348053	4795648	
3000	383739,1	578678,3	537392,6	629354,7	900433,3	781682,6	909760,1	989073	1133868	1287561	1543878	1773183	2067636	2385878	2823497	3332724	4774978	
4000	345224,3	521327	500405,3	585911,9	838842,4	755342,4	861907,6	965655,4	1106893	1265073	1517430	1749625	2040589	2360406	2798594	3311382	4746190	
5000	306709,6	463975,7	463418	542469	777251,6	722776,5	814055	936359,9	1073152	1236736	1484089	1719796	2006334	2328056	2766898	3284142	4709432	
6000	268194,8	406624,4	426430,8	499026,2	715660,8	684874,3	766202,5	901758,5	1033307	1202963	1444333	1684027	1965246	2289119	2728646	3251152	4664892	
7000	214687,4	329145,8	389443,5	455583,4	654069,9	642635	718350	862510,6	988119,5	1164237	1398719	1642713	1917771	2243940	2684120	3212592	4612796	
8000	164370	252002,2	352456,2	412140,6	592479,1	597124,1	670497,4	819342,5	938430,6	1121099	1347874	1596302	1864416	2192919	2633646	3168668	4553408	
9000	129872,6	199112,9	308363,7	359577,1	521476,5	549428,9	622644,9	773024,7	885130,2	1074138	1292481	1545285	1805739	2136495	2577589	3119612	4487025	
10000	105196,8	161281,4	249774,6	291257,5	422396	500616,5	574792,4	724349,3	829133,6	1023977	1233261	1490193	1742342	2075150	2516347	3065683	4413977	
11000	86939,53	133290,4	206425,3	240708,6	349087,6	451695,2	526939,9	674108	771354,9	971255,9	1170959	1431584	1674857	2009394	2450351	3007162	4334623	
12000	73053,35	112001	173454,6	202262,1	293330,5	403582,6	444346,2	623071,3	712682,8	916623,5	1106328	1370035	1603941	1939764	2380053	2944348	4249347	
13000			147795,6	172341,7	249938,4	357080,5	378614,6	571969,4	653959,3	860720,1	1040117	1306131	1530259	1866813	2305928	2877559	4158558	
14000			127436	148600,7	215508,2	312427,7	326458,5	521476,5	595960,6	804167,6	973053	1240459	1454480	1791105	2228464	2807128	4062683	
15000			111010,9	129447,8	187731,5	272159,2	284381,6	472197,2	539382,3	747558	905829,7	1173595	1377263	1713205	2148158	2733398	3962167	
16000			97568,21	113772,4	164998,4	239202,4	249944,8	424657,6	484828,5	691443,8	839097,6	1106101	1299248	1633676	2065512	2656724	3857467	
17000						211888,7	221404,4	378484,6	431858,5	636330,3	773453,6	1038513	1221049	1553068	1981024	2577465	3749051	
18000						188999,5	197487,2	337598,9	385207,1	582669	709433,8	971335	1143248	1471917	1895189	2495985	3637392	
19000						169628,3	177246,1	302997,4	345726	530853,8	647508,4	905037,8	1066385	1390734	1808490	2412648	3522966	
20000						153089,6	159964,6	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	840049,4	990954,7	1310006	1721394	2327817	3406250	
21000								248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	776753,8	917401,8	1230185	1634351	2241849	3287715	
22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	715487,9	846119,2	1151691	1547786	2155097	3167827	
23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1074904	1462101	2067903	3047042	
24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1000164	1377668	1980597	2925802	
25000								307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	826553,9	926553,9	1294830	1893499	2804537		
26000								284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1213895	1806911	2683658			
27000								263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1135143	1721120	2563555			
28000								244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1636396	2444600			
29000								228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1552989	2327141			
30000										385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1471131	2211501			
31000										360629	427020,7	602597,5	861922,9	1391032	2097979			
32000										338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312882	1986849			
33000										318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1878358			
34000											500948,3	716529,4	1162596	1768819				
35000												472731,6	676169,7	1097111	1669188			
36000												446833,5	639126,5	1037007	1577743			
37000												423006,7	605046	981710,1	1493612			
38000													573620,5	930721	1416035			
39000													544581,2	883603,6	1344349			
40000													517692,5	839975,7	1277972			
41000														799501	1216392			
42000														761882,7	1159158			
43000														726858,4	1105871			
44000														694194,8	1056175			
45000														663684,5	1009756			
46000														635142,3	966330,4			
47000														608402,5	925647,4			
48000														583316,5	887480,5			
49000															851626,5			

Fy = 250 MPa SNI

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	517632	778321,5	672181,5	787601,5	1125087	947607,1	1092027	1183221	1356641	1527792	1831132	2092568	2439408	2806076	3312775	3898026	5582207
	1000	517632	778321,5	666151,7	787601,5	1125087	942239,7	1092027	1178532	1351238	1523337	1825896	2087935	2434091	2801089	3307915	3893878	5576616
	2000	482931,3	727544,7	648384,7	772681,2	1104941	926319,1	1092027	1164576	1335160	1510052	1810278	2074099	2418209	2786182	3293379	3881461	5559877
	3000	434812,5	655892,4	619819,8	718405,5	1027992	900380,5	1042494	1141683	1308788	1488167	1784544	2051241	2391970	2761514	3269293	3860854	5532088
	4000	386693,8	584240,1	581930,7	664129,9	951042,6	865282	982708,7	1110387	1272739	1458059	1749130	2019662	2355712	2727344	3235868	3832188	5493418
	5000	338575,1	512587,8	536599,4	609854,2	874093,6	822158,2	922923,7	1071407	1227846	1420243	1704628	1979774	2309901	2684032	3193395	3795644	5444096
	6000	290456,3	440935,5	485961,9	555578,6	797144,6	772359,2	863138,8	1025617	1175121	1375352	1651772	1932091	2255119	2632028	3142239	3751452	5384415
	7000	214687,4	329145,8	432242,3	501302,9	720195,6	717380,3	803353,8	974019,2	1115722	1324125	1591415	1877216	2192048	2571867	3082838	3699888	5314725
	8000	164370	252002,2	377594,3	447027,3	643246,6	658788	743568,9	917700	1050905	1267383	1524507	1815833	2121463	2504157	3015693	3641271	5235434
	9000	129872,6	199112,9	323964	359577,1	521476,5	598147,3	683783,9	857798	981985,8	1206010	1452072	1748688	2044210	2429571	2941361	3575961	5147000
	10000	105196,8	161281,4	272986,5	291257,5	422396	536953,5	623999	795463,9	910293,3	1140926	1375181	1676578	1961193	2348836	2860450	3504352	5049929
	11000	86939,53	133290,4	226293,7	240708,6	349087,6	476575,2	528808,8	731824,5	837127,9	1073070	1294924	1600332	1873354	2262720	2773609	3426873	4944768
	12000	73053,35	112001	190149,6	202262,1	293330,5	418208,1	444346,2	667950,9	763724,3	1003373	1212388	1520797	1781657	2172021	2681520	3343978	4832102
	13000			162021	172341,7	249938,4	362342,2	378614,6	604829,9	691219,1	932740,5	1128630	1438822	1687070	2077554	2584888	3256149	4712549
	14000			139701,7	148600,7	215508,2	312427,7	326458,5	543341,7	620624,9	862031,3	1044659	1355246	1590548	1980139	2484432	3163882	4586753
	15000			121695,7	129447,8	187731,5	272159,2	284381,6	484243,6	552811,4	792043,6	961413,3	1270878	1493019	1880590	2380880	3067690	4453575
	16000			106959,1	113772,4	164998,4	239202,4	249944,8	427273,7	487527,7	723500,8	879748,6	1186491	1395367	1779704	2274954	2968097	4319096
	17000						211888,7	221404,4	378484,6	431858,5	657041,5	800423,5	1102809	1298423	1678248	2167368	2865628	4178602
	18000						188999,5	197487,2	337598,9	385207,1	592800,5	724092,3	1020494	1202954	1576957	2058816	2760812	4034584
	19000						169628,3	177246,1	302997,4	345726	532042,5	650225,6	940147,4	1109650	1476517	1949966	2654173	3887730
	20000						153089,6	159964,6	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	862295,5	1019127	1377566	1841457	2546225	3738721
	21000						248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	785860,4	930537,2	1280682	1733888	2437422	3588224		
	22000							225996	257865,9	396833,4	484982,3	716042,2	847865,5	1186383	1627816	2328400	3436890	
	23000							206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1094700	1523752	2219479	3285347	
	24000							189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1005375	1422160	2111153	3134199	
	25000									307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926553,9	1323449	2003842	2984017	
	26000									284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1225308	1897941	2835344	
	27000									263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1136225	1793812	2688684	
	28000									244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1691791	2544505	
	29000									228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1592178	2403237	
	30000											385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1493290	2265267	
	31000											360629	427020,7	602597,5	861922,9	1398503	2127737	
	32000											338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312462	1996831	
	33000											318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1877645	
	34000													500948,3	716529,4	1162596	1768819	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000															799501	1216392	
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Fy = 290 MPa SNI

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
0	731824,6	1100386	950325,6	1113506	1590640	1339720	1543900	1672829	1918009	2159982	2588842	2958458	3448818	3967211	4683579	5511002	7892086
1000	731824,6	1100386	938295,4	1099342	1590640	1329005	1531477	1663465	1907220	2151084	2578382	2949203	3438195	3957247	4673868	5502713	7880913
2000	657045,4	990299,5	903111,1	1057924	1521028	1297368	1494804	1635684	1875215	2124609	2547257	2921609	3406522	3927506	4644856	5477922	7847488
3000	576155,8	869848,9	847377,8	992331,4	1391674	1246306	1435622	1590411	1823064	2081206	2496214	2876191	3354381	3878433	4596902	5436850	7792094
4000	495266,1	749398,3	775081,5	907277,4	1262319	1178178	1356684	1529126	1752479	2021927	2426467	2813790	3282722	3810759	4530597	5379866	7715199
5000	414376,5	628947,7	691117,8	808545,4	1132964	1096027	1261536	1453788	1665727	1948186	2339649	2735546	3192832	3725483	4446751	5307478	7617448
6000	292213,4	448004	600746,3	702343,6	1003610	1003360	1154258	1366730	1565508	1861700	2237745	2642862	3086304	3623843	4346377	5220325	7499655
7000	214687,4	329145,8	509054,7	594669,8	862032,6	903891,8	1039175	1270541	1454813	1764427	2123020	2537368	2964980	3507292	4230671	5119170	7362791
8000	164370	252002,2	420506,1	490775,7	659993,7	801310,4	920569,9	1167934	1336777	1658486	1997935	2420865	2830904	3377460	4100985	5004885	7207972
9000	129872,6	199112,9	338043,7	394186,4	521476,5	699052,4	802430,4	1061627	1214538	1546089	1865057	2295281	2686267	3236118	3958808	4878443	7036442
10000	105196,8	161281,4	273815,4	319291	422396	600127,2	688240,7	954222,5	1091098	1429459	1726977	2162617	2533340	3085136	3805729	4740903	6849557
11000	86939,53	133290,4	226293,7	263876,9	349087,6	506081,2	579706,6	848108,2	969206,8	1310760	1586224	2024891	2374425	2926443	3643413	4593391	6648771
12000	73053,35	112001	190149,6	221729,9	293330,5	425248,8	487114,6	745378,4	851274,1	1192035	1445194	1884091	2211789	2761986	3473571	4437092	6435608
13000			162021	188929,6	249938,4	362342,2	415056,2	647231,1	738503,6	1075151	1306085	1742129	2047621	2593694	3297928	4273228	6211654
14000			139701,7	162903,6	215508,2	312427,7	357880,1	558071,7	636770,9	961754,6	1170847	1600800	1883978	2423437	3118196	4103045	5978529
15000			121695,7	141907,1	187731,5	272159,2	311753,3	486142,5	554698,2	853244,6	1041149	1461747	1722751	2252997	2936046	3927798	5737872
16000			106959,1	124723	164998,4	239202,4	274001,9	427273,7	487527,7	750263,1	916919,7	1326434	1565632	2084036	2753084	3748733	5491320
17000						211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	664592,9	812219,5	1196127	1414091	1918075	2570829	3567078	5240492
18000						188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	592800,5	724479,8	1069643	1266565	1756474	2390695	3384023	4986971
19000						169628,3	194306,1	302997,4	345726	532042,5	650225,6	960012,3	1136750	1600419	2213973	3200711	4732286
20000						153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	866411,1	1025917	1447740	2041822	3018230	4477902
21000								248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	785860,4	930537,2	1313143	1875255	2837598	4225202
22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	716042,2	847865,5	1196480	1711380	2659757	3975483
23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1094700	1565799	2485568	3729939
24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1005375	1438035	2315805	3489658
25000									307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926553,9	1325293	2151151	3255619	
26000									284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1225308	1988108	3024786	
27000									263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1136225	1843568	2804877	
28000									244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1714236	2608106	
29000									228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1598051	2431338	
30000											385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1493290	2271950	
31000											360629	427020,7	602597,5	861922,9	1398503	2127737	
32000											338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312462	1996831	
33000											318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1877645	
34000												500948,3	716529,4	1162596	1768819		
35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
38000														573620,5	930721	1416035	
39000														544581,2	883603,6	1344349	
40000														517692,5	839975,7	1277972	
41000															799501	1216392	
42000															761882,7	1159158	
43000															726858,4	1105871	
44000															694194,8	1056175	
45000															663684,5	1009756	
46000															635142,3	966330,4	
47000															608402,5	925647,4	
48000															583316,5	887480,5	
49000																	851626,5

Fy = 410 MPa SNI

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 210 MPa SNI	0	459866,6	636581,6	842912,1	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	1000	424639,6	613406,3	834391,5	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	2000	334743,3	514553,5	725664,5	966134,6	1235941	1868503	2490712	3651346
	3000	234820,6	415700,7	616937,5	847560,9	1107537	1719830	2328847	3486582
	4000	132086,6	289755,5	508210,5	728987,2	979132,6	1571157	2166983	3286969
	5000		185443,5	355876,9	610413,5	850728,3	1422484	2005119	3087356
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1273810	1843254	2887742
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1125137	1681390	2688129
	8000				242751,2	395219	900440,8	1519526	2488516
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2288902
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2089289
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 240 MPa SNI	0	525561,8	727521,8	963328,1	1229067	1524737	2212261	2874750	4172967
	1000	478208,9	693235,4	945010,8	1230310	1524737	2212261	2874750	4172967
	2000	368376,6	572460,5	812171,9	1085441	1392240	2111969	2820983	4172967
	3000	234820,6	451685,5	679333	940571,6	1235360	1930325	2623222	3937412
	4000	132086,6	289755,5	546494,1	795702,4	1078480	1748681	2425462	3693531
	5000		185443,5	355876,9	621443	921600	1567038	2227702	3449651
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1385394	2029941	3205770
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1176086	1832181	2961889
	8000				242751,2	395219	900440,8	1634421	2718008
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2474128
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2145594
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 245 MPa SNI	0	536511	742678,5	983397,5	1254672	1556502	2258349	2934640	4259904
	1000	487009,6	706400,2	963293,2	1254409	1556502	2258349	2934640	4259904
	2000	373727,3	581831,4	826281,6	1104989	1417925	2152125	2875569	4263243
	3000	234820,6	457262,6	689269,9	955569,2	1256118	1964775	2671597	4011701
	4000	132086,6	289755,5	552258,3	806149,3	1094310	1777426	2467624	3760160
	5000		185443,5	355876,9	621443	932502	1590076	2263652	3508618
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1402727	2059679	3257077
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1176086	1855707	3005535
	8000				242751,2	395219	900440,8	1651735	2753994
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2502452
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2145594
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 250 MPa SNI	0	547460,2	757835,2	1003467	1280278	1588268	2304438	2994531	4346841
	1000	495775	719526	981532,9	1278461	1588268	2304438	2994531	4346841
	2000	379007,2	591124,5	840305,7	1124444	1443510	2192164	2930028	4345036
	3000	234820,6	462723	699078,4	970426,8	1276724	1999050	2719780	4085755
	4000	132086,6	289755,5	556057,6	816409,5	1109937	1805936	2509531	3826474
	5000		185443,5	355876,9	621443	943151,2	1612822	2299283	3567193
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1419708	2089035	3307912
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1176086	1878787	3048631
	8000				242751,2	395219	900440,8	1668539	2789350
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2530070
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2145594
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 290 MPa SNI	0	635053,8	879088,8	1164022	1485122	1842391	2673148	3473656	5042335
	1000	564664,9	823176,4	1125958	1469252	1842391	2673148	3473656	5042335
	2000	418780	662757	949514,9	1276830	1644664	2508398	3361257	4993904
	3000	234820,6	502337,5	773071,5	1084407	1436288	2267129	3098582	4669969
	4000	132086,6	289755,5	556057,6	891984,2	1227913	2025861	2835907	4346035
	5000		185443,5	355876,9	621443	1011761	1784592	2573232	4022100
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1543324	2310556	3698165
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1176086	2047881	3374230
	8000				242751,2	395219	900440,8	1666900	3050295
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2648881
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2145594
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 410 MPa SNI	0	897834,7	1242850	1645686	2099655	2604759	3779278	4911031	7128819
	1000	759331,6	1120929	1544718	2025794	2564127	3779278	4911031	7128819
	2000	514093	851257,1	1248109	1702323	2213838	3417398	4611723	6887204
	3000	234820,6	515121	951499,9	1378852	1863549	3011815	4170154	6342656
	4000	132086,6	289755,5	556057,6	971004,6	1513261	2606232	3728586	5798108
	5000		185443,5	355876,9	621443	1011761	2200649	3287017	5253559
	6000		128780,2	247136,7	431557,6	702611,6	1600784	2845449	4709011
	7000			181569,8	317062,7	516204,4	1176086	2177175	4164463
	8000				242751,2	395219	900440,8	1666900	3352490
	9000					312271,8	711459,4	1317057	2648881
	10000					252940,2	576282,1	1066816	2145594
	11000						476266,2	881666	1773218
	12000						400195,9	740844,3	1489996
	13000							631252	1269582
	14000							544293,8	1094691
	15000							474140,4	953597,2
	16000								838122,6
17000								742420	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 210 MPa	0	374837	563612,1	486752,1	570332,1	814718,2	686198,2	790778,2	856814,9	982394,9	1106332	1325992	1515308	1766468	2031986	2398906	2822709	4042288
	1000	310629,5	515673,4	438426,9	514066,5	802680,8	648143,6	748023,7	822328,4	955080,6	1074038	1288665	1482047	1728782	1985762	2342613	2749576	4042288
	2000	195446,9	400731,9	332236,1	389999,1	693788,8	546180,4	611260,5	726976,3	810978	982701,9	1182870	1386580	1620482	1853304	2181535	2541351	3952251
	3000	86865,27	264430,8	199560,5	235176,1	584896,7	410623,9	474497,4	591986,5	666875,5	847407,2	1025491	1240938	1454846	1651882	1937307	2228757	3666956
	4000		148742,3	112252,8	132286,6	476004,7	275420	290184	444037,9	501144,1	688701	839701,1	1062374	1251005	1406127	1640625	1854643	3381661
	5000					320374,2	176590,9	185717,7	306226,5	320732,2	527518,1	649405	870015,2	1030316	1143097	1324935	1464391	3096367
	6000					222482,1			212657,3	222730,7	380779,5	473492,3	681550,8	812738,5	887471,4	1020362	1096419	2811072
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2525777
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2226804
	9000													371214,9				1759450
	10000																	1425155
	11000																	1177814
	12000																	989690,9
	13000																	843286,9

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 240 MPa	0	428385,1	644128,1	556288,1	651808,1	931106,6	784226,6	903746,6	979217	1122737	1264379	1515419	1731781	2018821	2322270	2741607	3225953	4619758
	1000	346422,4	580271,2	492680	577714,5	908757	734722,6	844092,4	934304,5	1071313	1222288	1466764	1688406	1969674	2261994	2668205	3130610	4569886
	2000	195446,9	439839,6	362939,7	426133,3	775716,4	604183,6	676999,9	811553,1	930744,8	1104236	1329972	1564693	1829298	2090394	2459581	2861159	4423476
	3000	86865,27	264430,8	199560,5	235176,1	642675,8	436092,1	509907,4	641747,9	736243,2	932271,1	1129743	1378317	1617215	1832830	2147490	2462619	4189809
	4000		148742,3	112252,8	132286,6	500584,6	275923,3	290184	461988,3	530259,3	735554,4	899024,5	1154084	1360957	1524664	1775944	1996155	3883265
	5000					320374,2	176590,9	185717,7	306226,5	351602,7	542349,9	670221,3	918531,2	1090221	1203327	1391090	1523819	3521860
	6000					222482,1			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	694893,7	831338,3	900392,3	1030072	1096419	3125498
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2714181
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2306378
	9000													371214,9				1917761
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 245 MPa	0	437309,8	657547,5	567877,5	665387,5	950504,6	800564,6	922574,6	999617,4	1146127	1290721	1546991	1767859	2060879	2370650	2798724	3293160	4716003
	1000	352233,7	590874,6	501571,7	588146,7	926282	749011,1	859910	952836,7	1092564	1246872	1496304	1722671	2009677	2307854	2722253	3193834	4664037
	2000	195446,9	446031,7	367755,9	431803,9	789062,3	613428,5	687568,8	825225,4	946430,3	1124065	1353993	1593918	1863577	2129272	2505151	2913474	4511549
	3000	86865,27	264430,8	199560,5	235176,1	651842,7	439767,8	515227,5	649375,8	745003,5	945671	1146244	1400356	1643296	1861811	2181103	2499822	4268401
	4000		148742,3	112252,8	132286,6	500584,6	275923,3	290184	464289,6	532912,4	742451,9	907825	1168209	1377944	1542844	1796616	2017466	3949850
	5000					320374,2	176590,9	185717,7	306226,5	351602,7	543971,5	672653,7	925361,1	1098739	1211686	1400140	1531448	3574965
	6000					222482,1			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696003,2	833115,4	900392,3	1030072	1096419	3164745
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2740195
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2320599
	9000													371214,9				1922182
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 250 MPa	0	446234,5	670966,8	579466,8	678966,8	969902,7	816902,7	941402,7	1020018	1169518	1317062	1578562	1803938	2102938	2419031	2855841	3360367	4812248
	1000	358002,2	601432,7	510421,5	598530	943764,2	763259,5	875673,8	971331,8	1113773	1271422	1525803	1756898	2049638	2353664	2776239	3256979	4758145
	2000	195446,9	452133,3	372488,5	437376,9	802322,5	622555,4	698030	838778,5	961979,3	1143773	1377873	1623012	1897707	2167970	2550502	2965510	4599459
	3000	86865,27	264430,8	199560,5	235176,1	660880,9	443289,7	515882,6	656820,6	753554	958864	1162502	1422155	1669102	1890463	2214319	2536530	4346656
	4000		148742,3	112252,8	132286,6	500584,6	275923,3	290184	466408,1	535355,8	749102	916330	1182013	1394561	1560590	1816773	2038154	4015903
	5000					320374,2	176590,9	185717,7	306226,5	351602,7	545370,6	674813,7	931853,6	1106863	1219595	1408662	1538475	3627359
	6000					222482,1			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	834548,5	900392,3	1030072	1096419	3203150
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2765307
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2333936
	9000													371214,9				1925812
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 290 MPa	0	517632	778321,5	672181,5	787601,5	1125087	947607,1	1092027	1183221	1356641	1527792	1831132	2092568	2439408	2806076	3312775	3898026	5582207
	1000	402658	684320,8	593010,6	679894,5	1082127	875811,3	999907,7	1117962	1281920	1466550	1760331	2029405	2367834	2718309	3205904	3759252	5509473
	2000	195446,9	497792,4	407183,4	478556,5	905416,2	691444,4	777966,9	942999,9	1081556	1297165	1563935	1851125	2165468	2471139	2905536	3371874	5296905
	3000	86865,27	264430,8	218768,2	235176,1	728704,9	466303,3	515882,6	710099,2	814759,8	1057205	1284082	1588112	1865889	2108115	2466148	2812902	4960694
	4000		148742,3	123057,1	132286,6	500584,6	275923,3	290184	477363,7	548027,3	793941,5	974353	1281458	1514793	1687681	1960330	2182484	4525544
	5000					320374,2	176590,9	185717,7	306226,5	351602,7	548322,5	681828,9	972536,4	1158656	1267901	1459340	1574929	4021678
	6000					222482,1			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	835233,4	900392,3	1030072	1096419	3481384
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2935652
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2411379
	9000													371214,9				1928798
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 410 MPa	0	731824,6	1100386	950325,6	1113506	1590640	1339720	1543900	1672829	1918009	2159982	2588842	2958458	3448818	3967211	4683579	5511002	7892086
	1000	522102,6	917638,4	796027,3	933661,3	1482678	1198498	1381222	1543895	1770377	2038595	2448465	2833000	3306629	3792924	4471399	5235676	7747096
	2000	195446,9	594969,3	467837	550402,3	1185619	858038,6	989000,2	1213714	1392231	1713852	2071379	2487653	2914277	3314673	3890811	4489513	7327912
	3000	86865,27	264430,8	218768,2	257811,8	888559,9	490530,3	565536,3	812732,5	932796,9	1283445	1567480	2003065	2361058	2647799	3085802	3474642	6679067
	4000		148742,3	123057,1	145019,1	500584,6	275923,3	318114,2	478478,8	549379,2	856136,6	1061015	1478981	1758380	1933335	2230628	2427197	5866048
	5000					320374,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	548322,5	681828,9	1002449	1202736	1296565	1483304	1578844	4964432
	6000					222482,1			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	835233,4	900392,3	1030072	1096419	4048441
	7000					163456,2					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	3181268
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2441134
	9000													371214,9				1928798
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 210 MPa AISI	0	459866,6	636581,6	842912,1	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	1000	448298,8	626522,6	833783,9	1066964	1326166	1928408	2508842	3644338
	2000	415312,3	597289,5	806988,1	1041953	1302514	1906613	2489251	3623392
	3000	365639,8	551567,3	764228,4	1001565	1264027	1870834	2456939	3588750
	4000	305917	493375,4	708144,1	947638,2	1212048	1821868	2412406	3540807
	5000	243234,5	427486,1	642040,6	882548	1148347	1760791	2356333	3480106
	6000	183788,5	358783	569568,2	809033,4	1075019	1688915	2289567	3407327
	7000	135221,2	291680,3	494392	730007	994371,6	1607744	2213096	3323276
	8000	103528,7	229229,3	419893,9	648365,5	908805,4	1518920	2128028	3228866
	9000		181119,4	348939,4	566820,1	820696,7	1424171	2035565	3125107
	10000		146706,7	284160,4	487756,4	732291,6	1325252	1936969	3013082
	11000			234843,3	412623,6	645617,2	1223894	1833541	2893930
	12000			197333,6	346718,4	562413,5	1121756	1726589	2768830
	13000				295428,7	483068,4	1020380	1617401	2638978
	14000				254731,9	416523,3	921158,7	1507220	2505569
	15000				221899,8	362838	825308,2	1397223	2369781
	16000					318900,6	732569,8	1288503	2232755
	17000					282486,4	648920	1182048	2095585
	18000						578820,6	1078736	1959298
	19000						519495,5	978796,3	1824849
	20000						468844,7	883363,6	1693107
	21000						425255,9	801236,9	1564852
	22000							730052,6	1440765
	23000							667949,8	1318693
	24000							613447	1211091
	25000							565352,7	1116141
	26000							522700,4	1031936
	27000								956911,4
	28000								889781,1
	29000								829474,9
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
FY = 240 MPa AISI	0	525561,8	720021	963328,1	1229067	1524737	2212261	2874750	4172967
	1000	510480,2	707033	951414,8	1218011	1514320	2202702	2866177	4163814
	2000	467782,8	669457,9	916551,6	1185436	1483493	2174274	2840613	4136476
	3000	404408,2	611217,7	861261,9	1133069	1433503	2127706	2798513	4091310
	4000	329841,9	538093,4	789414,1	1063618	1366335	2064182	2740617	4028904
	5000	253806	456781,5	705774,4	980543,1	1284579	1985286	2667937	3950066
	6000	184051,1	373893,9	615486	887766,7	1191269	1892942	2581719	3855800
	7000	135221,2	295105,5	523554,4	789373,1	1089693	1789331	2483409	3747291
	8000	103528,7	229229,3	434407	689314	983204,7	1676806	2374617	3625876
	9000		181119,4	350815,3	591157,4	875041,9	1557808	2257070	3493023
	10000		146706,7	284160,4	497898,2	768173	1434775	2132566	3350291
	11000			234843,3	412623,6	665172,8	1310065	2002930	3199311
	12000			197333,6	346718,4	566934,4	1185880	1869973	3041747
	13000				295428,7	483068,4	1064211	1735446	2879270
	14000				254731,9	416523,3	946789,7	1601005	2713530
	15000				221899,8	362838	833501,6	1468183	2546124
	16000					318900,6	732569,8	1338363	2378577
	17000					282486,4	648920	1212757	2212318
	18000						578820,6	1090572	2048664
	19000						519495,5	978796,3	1888803
	20000						468844,7	883363,6	1733785
	21000						425255,9	801236,9	1581833
	22000							730052,6	1441298
	23000							667949,8	1318693
	24000							613447	1211091
	25000							565352,7	1116141
	26000							522700,4	1031936
	27000								956911,4
	28000								889781,1
	29000								829474,9
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 245 MPa AISI	0	536511	736939,3	983397,5	1254672	1556502	2258349	2934640	4259904
	1000	520799,2	723371,8	970984,2	1243152	1545647	2248389	2925707	4250366
	2000	476371,1	684149,6	934676,6	1209221	1513534	2218770	2899071	4221880
	3000	410585,7	623448	877155,9	1154716	1461488	2170270	2855216	4174826
	4000	333461,5	547405,4	802524,5	1082512	1391617	2104146	2794930	4109831
	5000	255194,3	463103	715823,5	996271,2	1306668	2022081	2719286	4027750
	6000	184051,1	377490,3	622471,9	900140,8	1209851	1926113	2629608	3929652
	7000	135221,2	296478,8	527715,4	798419,3	1104638	1818552	2527429	3816794
	8000	103528,7	229229,3	436160	695247,5	994555,4	1701885	2414455	3690595
	9000		181119,4	350815,3	594341	882997,4	1578684	2292509	3552606
	10000		146706,7	284160,4	498792,2	773056,1	1451513	2163491	3404479
	11000			234843,3	412623,6	667396,5	1322840	2029323	3247935
	12000			197333,6	346718,4	566934,4	1194962	1891905	3084729
	13000				295428,7	483068,4	1069945	1753071	2916619
	14000				254731,9	416523,3	949575,7	1614550	2745336
	15000				221899,8	362838	833501,6	1477936	2572552
	16000					318900,6	732569,8	1344657	2399860
	17000					282486,4	648920	1215961	2228747
	18000						578820,6	1090572	2060576
	19000						519495,5	978796,3	1896572
	20000						468844,7	883363,6	1737814
	21000						425255,9	801236,9	1581833
	22000							730052,6	1441298
	23000							667949,8	1318693
	24000							613447	1211091
	25000							565352,7	1116141
	26000							522700,4	1031936
	27000								956911,4
	28000								889781,1
	29000								829474,9
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 250 MPa AISI	0	547460,2	753798,6	1003467	1280278	1588268	2304438	2994531	4346841
	1000	531105,5	739640,1	990543,4	1268283	1576966	2294067	2985230	4336910
	2000	484914,9	698740,4	952763,2	1232971	1543541	2263234	2957500	4307252
	3000	416684	635538	892971	1176287	1489399	2212764	2911854	4258273
	4000	336980,4	556541,5	815512,8	1101282	1416776	2143991	2849132	4190636
	5000	256483,2	469227,8	725713,4	1011830	1328582	2058700	2770470	4105251
	6000	184051,1	380890,6	629275	912307,2	1228210	1959049	2677270	4003251
	7000	135221,2	297678,2	531687,9	807232,9	1119320	1847481	2571159	3885967
	8000	103528,7	229229,3	437737,8	700940,1	1005618	1726620	2453939	3754903
	9000		181119,4	350815,3	597292,8	890654	1599174	2327536	3611700
	10000		146706,7	284160,4	499274,5	777646,3	1467835	2193952	3458102
	11000			234843,3	412623,6	669348,7	1335183	2055208	3295925
	12000			197333,6	346718,4	566934,4	1203612	1913297	3127016
	13000				295428,7	483068,4	1075262	1770137	2953222
	14000				254731,9	416523,3	951973,1	1627532	2776358
	15000				221899,8	362838	833501,6	1487133	2598173
	16000					318900,6	732569,8	1350419	2420326
	17000					282486,4	648920	1218666	2244363
	18000						578820,6	1090572	2071694
	19000						519495,5	978796,3	1903580
	20000						468844,7	883363,6	1741126
	21000						425255,9	801236,9	1581833
	22000							730052,6	1441298
	23000							667949,8	1318693
	24000							613447	1211091
	25000							565352,7	1116141
	26000							522700,4	1031936
	27000								956911,4
	28000								889781,1
	29000								829474,9
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 290 MPa AISI	0	635053,8	879088,8	1164022	1485122	1842391	2673148	3473656	5042335
	1000	613100	859964,1	1146650	1468995	1827191	2659198	3461144	5028974
	2000	551688,1	805050,3	1096074	1421656	1782342	2617784	3423876	4989104
	3000	462697,9	721208,4	1016691	1346123	1710027	2550189	3362654	4923354
	4000	361695,4	618292,1	915118,2	1247072	1613687	2458477	3278777	4832757
	5000	263529,9	507249,6	799291,2	1130353	1497755	2345392	3174003	4718721
	6000	184051,1	398240	677442,5	1002428	1367309	2214217	3050481	4582992
	7000	135221,2	299401,5	557159,2	869777,2	1227714	2068618	2910683	4427608
	8000	103528,7	229229,3	444000,7	738378,7	1084258	1912475	2757321	4254855
	9000		181119,4	350815,3	613290,9	941830,3	1749713	2593255	4067202
	10000		146706,7	284160,4	499274,5	804669,4	1584138	2421413	3867249
	11000			234843,3	412623,6	674698,8	1419302	2244698	3657665
	12000			197333,6	346718,4	566934,4	1258380	2065917	3441130
	13000				295428,7	483068,4	1104090	1887702	3220280
	14000				254731,9	416523,3	956825,8	1712456	2997655
	15000				221899,8	362838	833501,6	1542309	2775653
	16000					318900,6	732569,8	1379078	2556489
	17000					282486,4	648920	1222649	2342169
	18000						578820,6	1090572	2134459
	19000						519495,5	978796,3	1932378
20000						468844,7	883363,6	1743971	
21000						425255,9	801236,9	1581833	
22000							730052,6	1441298	
23000							667949,8	1318693	
24000							613447	1211091	
25000							565352,7	1116141	
26000							522700,4	1031936	
27000								956911,4	
28000								889781,1	
29000								829474,9	
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 410 MPa AISI	0	897834,7	1242850	1645686	2099655	2604759	3779278	4879220	7102279
	1000	854269,2	1204796	1611070	2067492	2574431	3751426	4854391	7075687
	2000	735850,8	1097483	1511532	1973929	2485549	3669092	4780659	6996508
	3000	573827,6	939446,5	1359112	1827305	2344178	3535866	4660252	6866506
	4000	405107,1	755676,4	1171193	1640146	2159665	3357437	4496760	6688551
	5000	265033,6	571201,4	967245,5	1427400	1943612	3141195	4294956	6466511
	6000	184051,1	407518,7	765561,8	1204483	1708677	2895721	4060564	6205115
	7000	135221,2	299401,5	579919,2	985478,9	1467364	2630228	3799992	5909782
	8000	103528,7	229229,3	444000,7	780116,5	1230957	2353992	3520040	5586436
	9000		181119,4	350815,3	616388,3	1007883	2075828	3227612	5241312
	10000		146706,7	284160,4	499274,5	816385,6	1803652	2929433	4880754
	11000			234843,3	412623,6	674698,8	1544148	2631810	4511029
	12000			197333,6	346718,4	566934,4	1302346	2340422	4138149
	13000				295428,7	483068,4	1109692	2060167	3767719
	14000				254731,9	416523,3	956825,8	1802783	3404807
	15000				221899,8	362838	833501,6	1570424	3053855
	16000					318900,6	732569,8	1380256	2724955
	17000					282486,4	648920	1222649	2413801
	18000						578820,6	1090572	2153051
	19000						519495,5	978796,3	1932378
20000						468844,7	883363,6	1743971	
21000						425255,9	801236,9	1581833	
22000							730052,6	1441298	
23000							667949,8	1318693	
24000							613447	1211091	
25000							565352,7	1116141	
26000							522700,4	1031936	
27000								956911,4	
28000								889781,1	
29000								829474,9	
30000								775098,2	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	600x200	588x300
	0	374837	563612,1	486752,1	570332,1	814718,2	686198,2	790778,2	856814,9	982394,9	1106332	1325992	1515308	1766468	2031986	2398906	2822700	4042288
	1000	370391,4	557055,6	483586,3	566604,8	809473,4	683381,5	787512,6	854354,8	979560,5	1103995	1323245	1512878	1763679	2029371	2396357	2820533	4039356
	2000	357368,4	537840	474211,8	555568,5	793940,6	675000,4	777796,5	847016,8	971106,5	1097015	1315039	1505611	1755339	2021544	2388727	2814017	4030572
	3000	336673	507275,7	458989,7	537650,2	768712,2	661259,8	761868,6	834926,7	957178,2	1085478	1301476	1493577	1741525	2008567	2376063	2803191	4015974
	4000	309697,2	467381,4	438496,1	513531,3	734733,5	642491,5	740115,9	818289,8	938013,5	1069531	1282721	1476891	1722369	1990539	2358447	2788104	3995626
	5000	278165,4	420663,9	413486	484104,2	693244,1	619141,5	713058,4	797385,7	913936	1049371	1259005	1455711	1698049	1967598	2335990	2768825	3969616
	6000	243952,8	369858,3	384847	450418	645703	591751,9	681327,7	772560,2	885345,7	1025246	1230613	1430237	1668790	1939918	2308832	2745444	3938056
	7000	208903,3	317666,9	353547,4	413616,1	593703,7	560940,3	645643,3	744215,4	852708	997449,6	1197884	1400705	1634861	1907706	2277143	2718065	3901081
	8000	174671,3	266529,2	320582,3	374872,9	538886,2	527376,5	606785,1	712799,8	816541,3	966311,5	1161199	1367387	1596568	1871203	2241119	2686814	3858848
	9000	142372,9	218277,5	286921,8	335332,4	482852,6	491758,9	565565,3	678795,5	777403,3	932195,1	1120979	1330583	1554253	1830676	2200980	2651830	3811537
	10000	115322	176804,8	253466	296054,7	427093	454790	522800,8	642706,7	735876,6	895488,4	1077674	1290620	1508285	1786419	2156969	2613269	3759346
	11000	95307,46	146119,6	221008,1	257972,4	372924,2	417154,3	479286,7	605047,2	692554,5	856597,1	1031754	1247846	1459059	1738748	2109349	2571301	3702492
	12000	80084,74	122781,1	190208,1	221729,9	321446,7	379498,3	435772,8	566328,3	648027,3	815937,1	983702,3	1202622	1406986	1687994	2058399	2526109	3641209
	13000			162021	188929,6	273995	342412,9	392943,9	527047,4	602869,1	773927,6	934007,3	1155324	1352490	1634507	2004413	2477887	3575748
	14000			139701,7	162903,6	236250,8	306420,4	351403,9	487678,6	557626,1	730983,2	883152,7	1106328	1296003	1578642	1947697	2426841	3506371
	15000			121695,7	141907,1	205800,7	271964,6	311665,1	448662,9	512806,5	687508,4	831611	1056015	1237957	1520764	1888567	2373185	3433353
	16000			106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	410401,7	468872,1	643890,6	799836,6	1004760	1178780	1461239	1827342	2317140	3356981
	17000						211888,7	242714,5	373250,8	426231,6	600495,4	728259,1	952929,1	1118890	1400432	1764347	2258932	3277547
	18000						188999,5	216495,4	337516,3	385236,3	557661,6	677278,3	900875,4	1058692	1338702	1699906	2198794	3195351
	19000						169628,3	194306,1	302997,4	345726	515697,8	627259,6	848935,7	998572	1276401	1634339	2136959	3110699
	20000						153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	474879,4	578530,6	797426,8	938894,3	1213868	1567964	2073663	3023898
	21000								248031,9	283009,3	435446,5	531379	746642,6	879997,8	1151429	1501090	2009142	2935256
	22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	696852,2	822193,4	1089392	1434016	1943629	2845081
	23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	648297,8	765762,3	1028045	1367029	1877355	2753676
	24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601193,6	710954	967657,8	1300404	1810547	2661342
	25000										307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	908474	1234398	1743427	2568375
	26000										284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	850715,7	1169254	1676208	2475060
	27000										263466,9	321991	475397	562917,6	794580,1	1105196	1609098	2381677
	28000										244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1042428	1542295	2288493
	29000										228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	981137	1475988	2195766
	30000												385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1410355	2103740
	31000												360629	427020,7	602597,5	861922,9	1345564	2012649
	32000												338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1281772	1922709
	33000												318241	376829,1	531768,8	760613,3	1219123	1834124
	34000													500948,3	716529,4	1157749	1747083	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1661760	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1578311	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000															799501	1216392	
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Fy = 210 MPa

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	428385,1	644128,1	556288,1	651808,1	931106,6	784226,6	903746,6	979217	1122737	1264379	1515419	1731781	2018821	2322270	2741607	3225953	4619758
	1000	422583,6	635571,6	552155,1	646942,1	924259,3	780548,6	899482,5	976004,5	1119036	1261328	1511833	1728607	2015178	2318854	2738278	3223112	4615928
	2000	405646	610578	539939,3	632560,9	904018,3	769618	886810,8	966430	1108005	1252217	1501122	1719121	2004291	2308636	2728316	3214603	4604458
	3000	378911,9	571087	520177,2	609299,2	871263,5	751739,3	866086,6	950680,9	1089862	1237179	1483441	1703427	1986275	2291707	2711792	3200473	4585405
	4000	344417,8	520053,3	493719,5	578162,8	827390,8	727404,8	837883,9	929062,3	1064959	1216428	1459036	1681695	1961325	2268215	2688827	3180794	4558862
	5000	304641,7	461081,7	461670,1	540456,8	774213,6	697271,5	802968,5	901987,7	1033776	1190259	1428247	1654161	1929707	2238363	2659586	3155671	4524962
	6000	262210,2	398008,5	425310,3	497694,7	713838,3	662131,8	762263,9	869965,7	996899,8	1159038	1391497	1621120	1891754	2202411	2624278	3125234	4483870
	7000	219617,1	334496,2	386013,5	451498,7	648526,6	622879,2	716810,4	833584,1	955011,5	1123195	1349282	1582922	1847861	2160667	2583155	3089641	4435788
	8000	178994,3	273699,9	345161	403497,8	580556,7	580470,4	667721,6	793491,8	908861,2	1083212	1302162	1539964	1798479	2113482	2536505	3049076	4380949
	9000	142372,9	218277,5	304062,9	355236,1	512094,8	535886,9	616139	750379,9	859247,7	1039617	1250745	1492685	1744107	2061250	2484653	3003746	4319618
	10000	115322	176804,8	263892,9	308094,8	445087,2	490098,1	563188,9	704961,9	806995,4	992965	1195679	1441560	1685281	2004400	2427953	2953880	4252086
	11000	95307,46	146119,6	225639,2	263234,6	381178,7	444027,3	509943,1	657954,5	752931,7	943834,4	1137631	1387089	1622568	1943387	2366790	2899728	4178674
	12000	80084,74	122781,1	190149,6	221729,9	321563,6	398522,8	457384,5	610058,9	697865,9	892809,5	1077284	1329788	1556557	1878693	2301568	2841556	4099723
	13000			162021	188929,6	273995	354334,6	406380,9	561944,5	642569,7	840471,4	1015315	1270186	1487849	1810814	2232711	2779649	4015598
	14000			139701,7	162903,6	236250,8	312097,8	357665,7	514234,1	587760,4	787386,9	952385,4	1208813	1417046	1740256	2160658	2714303	3926681
	15000			121695,7	141907,1	205800,7	272159,2	311753,3	467491,8	534087,3	734098,9	889132,3	1146193	1344747	1667531	2085856	2645827	3833369
	16000			106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	422214,2	482121,1	681117,6	826155,2	1082837	1271536	1593148	2008756	2574538	3736072
	17000						211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	628913,3	764009,2	1019237	1197976	1517608	1929811	2500759	3635211
	18000						188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	577910,4	703197,2	955860,2	1124603	1441401	1849469	2424817	3531210
	19000						169628,3	194306,1	302997,4	345726	528483,5	644165,2	893141,3	1051918	1364996	1768170	2347043	3424501
	20000						153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	831481,8	980383,4	1288841	1686342	2267762	3315512
	21000							248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	771244,6	910419,4	1213357	1604398	2187303	3204672	
	22000							225996	257865,9	396833,4	484982,3	712751,8	842400,4	1138936	1522731	2105983	3092403	
	23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1065937	1441714	2024117	2979123
	24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	994684,4	1361694	1942008	2865236
	25000										307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	925465,9	1282994	1859949	2751135
	26000										284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1205909	1778222	2637201
	27000										263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1130705	1697092	2523795
	28000										244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1616812	2411263
	29000										228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1537618	2299931
	30000												385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1459728	2190104
	31000												360629	427020,7	602597,5	861922,9	1383344	2082065
	32000												338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1308649	1976075
	33000												318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1872373
	34000													500948,3	716529,4	1162596	1768819	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000															799501	1216392	
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Fy = 240 MPa

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	437309,8	657547,5	567877,5	665387,5	950504,6	800564,6	922574,6	999617,4	1146127	1290721	1546991	1767859	2060879	2370650	2798724	3293160	4716003
	1000	431264,9	648632	563570,8	660317	943369,7	796732	918131,3	996269,7	1142270	1287541	1543253	1764552	2057084	2367091	2795255	3290199	4712012
	2000	413626,7	622604,2	550845,6	645336,2	922284,5	785344	904929,3	986293,9	1130777	1278048	1532093	1754668	2045739	2356444	2784874	3281333	4700060
	3000	385818,2	581524,7	530272,3	621119,6	888184,7	766724,5	883346,4	969888,9	1111879	1262381	1513673	1738317	2026970	2338805	2767657	3266609	4680206
	4000	349998,8	528526,5	502754	588735,5	842552,6	741396,4	853992,5	947379,4	1085950	1240771	1488256	1715681	2000981	2314333	2743733	3246107	4652552
	5000	308787,7	467420,6	469461,3	549567,2	787310,6	710057,3	817680,4	919204,5	1053499	1213528	1456203	1687011	1968057	2283245	2713276	3219936	4617237
	6000	264949,5	402245,6	431749,3	505216	724687,1	673547,3	775389,2	885904	1015151	1181043	1417964	1652619	1928551	2245814	2676511	3188236	4574438
	7000	221093,4	336835,1	391067	457392,6	657068	632811,8	728219,7	848100,7	971626,8	1143770	1374064	1612876	1882884	2202369	2633702	3151173	4524369
	8000	179431,3	274464,2	348865,7	407809,1	586847,7	588861	677347,8	806481,5	923719,9	1102222	1325097	1568206	1831532	2153282	2585157	3108944	4467277
	9000	142372,9	218277,5	306515,8	358080,2	516292,6	542728,7	623975,5	761776,8	872274,6	1056957	1271707	1519074	1775025	2098972	2531221	3061769	4403443
	10000	115322	176804,8	265237,7	309641,7	447426,5	495432,5	569285,3	714738,7	818160	1008562	1214577	1465980	1713931	2039893	2472270	3009889	4333178
	11000	95307,46	146119,6	226050,3	263690,3	381946,8	447938,1	514397,6	666121	762246,4	957646,5	1154415	1409454	1648849	1976527	2408710	2953571	4256821
	12000	80084,74	122781,1	190149,6	221729,9	321563,6	401128,3	460335,5	616659,2	705382,4	904826,6	1091937	1350043	1580400	1909382	2340969	2893098	4174734
	13000		162021	188929,6	273995	355779	407996,6	567052,9	648374,5	850712,7	1027855	1288302	1509219	1838983	2269497	2828769	3692304	
	14000		139701,7	162903,6	236250,8	312542,5	357880,1	517950,5	591969,6	795898,8	962864,2	1224789	1435940	1765865	2194756	2760900	3994935	
	15000		121695,7	141907,1	205800,7	272159,2	311753,3	469936,5	536840,1	740952,2	897629,1	1160055	1361191	1690566	2117219	2689817	3898048	
	16000		106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	423522,4	483573,6	686404,3	832774,7	1094635	1285585	1613620	2037360	2615853	3797075	
	17000			211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	632742,7	768877	1029044	1209710	1535556	1955657	2539351	3692461			
	18000				188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	580405,7	706455,7	963767,2	1134124	1456882	1872579	2460657	3584654		
	19000				169628,3	194306,1	302997,4	345726	529777,7	645969,2	899257,1	1059348	1378092	1788589	2380115	3474108		
	20000					153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	835928,7	985860,2	1299651	1704133	2298072	3361274	
	21000				248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	774155,5	914094,3	1221997	1619642	2214869	3246604				
	22000						225996	257865,9	396833,4	484982,3	714267,3	844433,6	1145534	1535527	2130842	3130540		
	23000						206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1070634	1452174	2046319	3013519		
	24000						189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	997628,3	1369943	1961616	2895964		
	25000								307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926811,2	1289167	1877040	2778287		
	26000								284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1210148	1792882	2660882		
	27000								263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1133158	1709420	2544127		
	28000								244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1626913	2428380		
	29000								228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1545607	2313978		
	30000								385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1465724	2201235				
	31000										360629	427020,7	602597,5	861922,9	1387472	2090442		
	32000										338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1311037	1981868		
	33000										318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1875753		
	34000											500948,3	716529,4	1162596	1768819			
	35000											472731,6	676169,7	1097111	1669188			
	36000											446833,5	639126,5	1037007	1577743			
	37000											423006,7	605046	981710,1	1493612			
	38000											573620,5	930721	1416035				
	39000											544581,2	883603,6	1344349				
	40000											517692,5	839975,7	1277972				
	41000												799501	1216392				
	42000												761882,7	1159158				
	43000												726858,4	1105871				
	44000												694194,8	1056175				
	45000												663684,5	1009756				
	46000												635142,3	966330,4				
	47000												608402,5	925647,4				
	48000												583316,5	887480,5				
	49000													851626,5				

Fy = 245 MPa

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	446234,5	670966,8	579466,8	678966,8	969902,7	816902,7	941402,7	1020018	1169518	1317062	1578562	1803938	2102938	2419031	2855841	3360367	4812248
	1000	439941,2	661685	574982,9	673687,7	962474,1	812912,2	936776,3	1016532	1165502	1313751	1574670	1800495	2098986	2415325	2852229	3357285	4808092
	2000	421588,7	634602,8	561738,1	658095,2	940528	801057,5	923033,4	1006147	1153537	1303868	1563052	1790204	2087174	2404240	2841420	3348053	4795648
	3000	392686,8	591906,5	540338,1	632905,7	905057,5	781682,6	900575	989073	1133868	1287561	1543878	1773183	2067636	2385878	2823497	3332724	4774978
	4000	355522	536914	511740,6	599251,8	857634,9	755342,4	870048,2	965655,4	1106893	1265073	1517430	1749625	2040589	2360406	2798594	3311382	4746190
	5000	312859,7	473649,3	477185,1	558598,5	800295,7	722776,5	832315,1	936359,9	1073152	1236736	1484089	1719796	2006334	2328056	2766898	3284142	4709432
	6000	267605,9	406358,6	438103,3	512637,4	735394,3	684874,3	788412	901758,5	1033307	1202963	1444333	1684027	1965246	2289119	2728646	3251152	4664892
	7000	222487	339049	396021,6	463170,5	665444,6	642635	739502,5	862510,6	988119,5	1164237	1398719	1642713	1917771	2243940	2684120	3212592	4612796
	8000	179794,5	275116,1	352463,3	411994,7	592959,8	597124,1	686826,5	819342,5	938430,6	1121099	1347874	1596302	1864416	2192919	2633646	3168668	4553408
	9000	142372,9	218277,5	308859,9	360796,6	520307,9	549428,9	631648,5	773024,7	885130,2	1074138	1292481	1545285	1805739	2136495	2577589	3119612	4487025
	10000	115322	176804,8	266478,3	311066,6	449590,8	500616,5	575207,9	724349,3	829133,6	1023977	1233261	1490193	1742342	2075150	2516347	3065683	4413977
	11000	95307,46	146119,6	226367,9	263876,9	382557	451695,2	518674,9	674108	771354,9	971255,9	1170959	1431584	1674857	2009394	2450351	3007162	4334623
	12000	80084,74	122781,1	190149,6	221729,9	321563,6	403582,6	463112,6	623071,3	712682,8	916623,5	1106328	1370035	1603941	1939764	2380053	2944348	4249347
	13000		162021	188929,6	273995	357080,5	409448,2	571969,4	653959,3	860720,1	1040117	1306131	1530259	1866813	2305928	2877559	3518558	
	14000		139701,7	162903,6	236250,8	312427,7	357880,1	521476,5	595960,6	804167,6	973053	1240459	1454480	1791105	2228464	2807128	3526283	
	15000		121695,7	141907,1	205800,7	272159,2	311753,3	472197,2	539382,3	747558	905829,7	1173595	1377263	1713205	2148158	2733398	3526167	
	16000		106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	424657,6	484828,5	691443,8	839097,6	1106101	1299248	1633676	2065512	2656724	3857467	
	17000					211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	636330,3	773453,6	1038513	1221049	1553068	1981024	2577465	3749051	
	18000					188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	582669	709433,8	971335	1143248	1471917	1895189	2495985	3637392	
	19000					169628,3	194306,1	302997,4	345726	530853,8	647508,4	905037,8	1066385	1390734	1808490	2412648	3522966	
	20000					153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	840049,4	990954,7	1310006	1721394	2327817	3406250	
	21000							248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	776753,8	917401,8	1230185	1634351	2241849	3287715	
	22000					225996	257865,9	396833,4	484982,3	715487,9	846119,2	1151691	1547786	2155097	3167827			
	23000							206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1074904	1462101	2067903	3047042	
	24000							189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1000164	1377668	1980597	2925802	
	25000									307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926553,9	1294830	1893499	2804537	
	26000									284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1213895	1806911	2683658	
	27000									263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1135143	1721120	2563555	
	28000									244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1636396	2444600	
	29000									228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1552989	2327141	
	30000											385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1471131	2211501	
	31000											360629	427020,7	602597,5	861922,9	1391032	2097979	
	32000											338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312882	1986849	
	33000											318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1878358	
	34000													500948,3	716529,4	1162596	1768819	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000															799501	1216392	
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Fy = 250 MPa

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
	0	517632	778321,5	672181,5	787601,5	1125087	947607,1	1092027	1183221	1356641	1527792	1831132	2092568	2439408	2806076	3312775	3898026	5582207
	1000	509173,3	765845,7	666151,7	780502,3	1115097	942239,7	1085804	1178532	1351238	1523337	1825896	2087935	2434091	2801089	3307915	3893878	5576616
	2000	484617,5	729605,5	648384,7	759586,4	1085657	926319,1	1067348	1164576	1335160	1510052	1810278	2074099	2418209	2786182	3293379	3881461	5559877
	3000	446294,5	672975,8	619819,8	725964,6	1038307	900380,5	1037282	1141683	1308788	1488167	1784544	2051241	2391970	2761514	3269293	3860854	5532088
	4000	397679,3	601001,2	581930,7	681379,5	975466,4	865282	996607,6	1110387	1272739	1458059	1749130	2019662	2355712	2727344	3235868	3832188	5493418
	5000	342873,1	519655,8	536599,4	628055,4	900227	822158,2	946646,3	1071407	1227846	1420243	1704628	1979774	2309901	2684032	3193395	3795644	5444096
	6000	286037,4	435031,5	485961,9	568515,3	816103,1	772359,2	888971,1	1025617	1175121	1375352	1651772	1932091	2255119	2632028	3142239	3751452	5384415
	7000	230887,9	352606,5	432242,3	505384,2	726760,4	717380,3	825322,9	974019,2	1115722	1324125	1591415	1877216	2192048	2571867	3082838	3699888	5314725
	8000	180190,7	276257,5	377594,3	441201	635756,5	658788	757524,2	917700	1050905	1267383	1524507	1815833	2121463	2504157	3015693	3641271	5235434
	9000	142372,9	218277,5	323964	378256,8	546315,6	598147,3	687393,6	857798	981985,8	1206010	1452072	1748688	2044210	2429571	2941361	3575961	5147000
	10000	115322	176804,8	272986,5	318472,7	461157,9	536953,5	616667,1	795463,9	910293,3	1140926	1375181	1676578	1961193	2348836	2860450	3504352	5049929
	11000	95307,46	146119,6	226293,7	263876,9	382687,3	476575,2	546930,8	731824,5	837127,9	1073070	1294924	1600332	1873354	2262720	2773609	3426873	4944768
	12000	80084,74	122781,1	190149,6	221729,9	321563,6	418208,1	479568,2	667950,9	763724,3	1003373	1212388	1520797	1781657	2172021	2681520	3349788	4832102
	13000			162021	188929,6	273995	362342,2	415056,2	604829,9	691219,1	932740,5	1128630	1438822	1687070	2077554	2584888	3256149	4712549
	14000			139701,7	162903,6	236250,8	312427,7	357880,1	543341,7	620624,9	862031,3	1044659	1355246	1590548	1980139	2484432	3163882	4586753
	15000			121695,7	141907,1	205800,7	272159,2	311753,3	484243,6	552811,4	792043,6	961413,3	1270878	1493019	1880590	2380880	3067690	4455375
	16000			106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	427273,7	487527,7	723500,8	879748,6	1186491	1395367	1779704	2274954	2968097	4139096
	17000						211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	657041,5	800423,5	1102809	1298423	1678248	2167368	2865628	4178602
	18000						188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	592800,5	724092,3	1020494	1202954	1576957	2058816	2760812	4034584
	19000						169628,3	194306,1	302997,4	345726	532042,5	650225,6	940147,4	1109650	1476517	1949966	2654173	3887730
	20000						153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	862295,5	1019127	1377566	1841457	2546225	3738721
	21000						248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	785860,4	930537,2	1280682	1733888	2437472	3588224		
	22000							225996	257865,9	396833,4	484982,3	716042,2	847865,5	1186383	1627816	2328400	3436890	
	23000							206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1094700	1523752	2219479	3285347	
	24000							189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1005375	1422160	2111153	3134199	
	25000								307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926553,9	1323449	2003842	2984017		
	26000								284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1225308	1897941	2835344		
	27000								263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1136225	1793812	2688684		
	28000								244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1691791	2544505		
	29000								228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1592178	2403237		
	30000										385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1493290	2265267		
	31000										360629	427020,7	602597,5	861922,9	1398503	2127737		
	32000										338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312462	1996831		
	33000										318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1877645		
	34000													500948,3	716529,4	1162596	1768819	
	35000													472731,6	676169,7	1097111	1669188	
	36000													446833,5	639126,5	1037007	1577743	
	37000													423006,7	605046	981710,1	1493612	
	38000														573620,5	930721	1416035	
	39000														544581,2	883603,6	1344349	
	40000														517692,5	839975,7	1277972	
	41000														799501	1216392		
	42000															761882,7	1159158	
	43000															726858,4	1105871	
	44000															694194,8	1056175	
	45000															663684,5	1009756	
	46000															635142,3	966330,4	
	47000															608402,5	925647,4	
	48000															583316,5	887480,5	
	49000																851626,5	

Sumbu x	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)		
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300		
	0	731824,6	1100386	950325,6	1113506	1590640	1339720	1543900	1672829	1918009	2159982	2588842	2958458	3448818	3967211	4683579	5511002	7892086		
	1000	714974,6	1075532	938295,4	1099342	1570709	1329005	1531477	1663465	1907220	2151084	2578382	2949203	3438195	3957247	4673868	5502713	7880913		
	2000	666716,8	1004288	903111,1	1057924	1512403	1297368	1494804	1635684	1875215	2124609	2547257	2921609	3406522	3927506	4644856	5477922	7847488		
	3000	593416,1	895881	847377,8	992331,4	1419995	1246306	1435622	1590411	1823064	2081206	2496214	2876191	3354381	3878433	4596902	5436850	7792094		
	4000	504132,2	763482,3	775081,5	907277,4	1300031	1178178	1356684	1529126	1752479	2021927	2426467	2813790	3282722	3810759	4530597	5379866	7715199		
	5000	408786,7	621590,6	691117,8	808545,4	1160563	1096027	1261536	1453788	1665727	1948186	2339649	2735546	3192832	3725483	4446751	5307478	7617448		
	6000	316385,3	483466,8	600746,3	702343,6	1010255	1003360	1154258	1366730	1565508	1861700	2237745	2642862	3086304	3623843	4346377	5220325	7499655		
	7000	235351,1	360826,1	509054,7	594669,8	857514,2	903891,8	1039175	1270541	1454813	1764427	2123020	2537368	2964980	3507292	4230671	5119170	7362791		
	8000	180190,7	276257,5	420506,1	490775,7	709740	801310,4	920569,9	1167934	1336777	1658486	1997935	2420865	2830904	3377460	4100985	5004885	7207972		
	9000	142372,9	218277,5	338043,7	394186,4	571668,6	699052,4	802430,4	1061627	1214538	1546089	1865057	2295281	2686267	3236118	3958808	4878443	7036442		
	10000	115322	176804,8	273815,4	319291	463051,6	600127,2	688240,7	954222,5	1091098	1429459	1726977	2162617	2533340	3085136	3805729	4740903	6849557		
	11000	95307,46	146119,6	226293,7	263876,9	382687,3	506081,2	579706,6	848108,2	969206,8	1310760	1586224	2024891	2374425	2926443	3643413	4593391	6648771		
	12000	80084,74	122781,1	190149,6	221729,9	321563,6	425248,8	487114,6	745378,4	851274,1	1192035	1445194	1884091	2211789	2761986	3473571	4437092	6435608		
	13000			162021	188929,6	273995	362342,2	415056,2	647231,1	738503,6	1075151	1306085	1742129	2047621	2593694	3297928	4273228	6211654		
	14000			139701,7	162903,6	236250,8	312427,7	357880,1	558071,7	636770,9	961754,6	1170847	1600800	1883978	2423437	3118196	4103045	5978529		
	15000				121695,7	141907,1	205800,7	272159,2	311753,3	486142,5	554698,2	853244,6	1041149	1461747	1722751	2252997	2936046	3927798	5737872	
	16000				106959,1	124723	180879,5	239202,4	274001,9	427273,7	487527,7	750263,1	916919,7	1326434	1565632	2084036	2753084	3748733	5491320	
	17000							211888,7	242714,5	378484,6	431858,5	664592,9	812219,5	1196127	1414091	1918075	2570829	3567078	5240492	
	18000							188999,5	216495,4	337598,9	385207,1	592800,5	724479,8	1069643	1266565	1756474	2390695	3384023	4986971	
	19000							169628,3	194306,1	302997,4	345726	532042,5	650225,6	960012,3	1136750	1600419	2213973	3200711	4732286	
	20000							153089,6	175361,2	273455,1	312017,8	480168,4	586828,6	866411,1	1025917	1447740	2041822	3018230	4477902	
	21000								248031,9	283009,3	435526,9	532270,9	785860,4	930537,2	1313143	1875255	2837598	4225202		
	22000								225996	257865,9	396833,4	484982,3	716042,2	847865,5	1196480	1711380	2659757	3975483		
	23000								206771,4	235930,3	363076,3	443726,7	655131,3	775740,9	1094700	1565799	2485568	3729939		
	24000								189899,4	216679	333450,3	407519,9	601674,4	712442,6	1005375	1438035	2315805	3489658		
	25000										307307,8	375570,3	554503,1	656587,1	926553,9	1325293	2151151	3255619		
	26000										284123,3	347235,9	512669,3	607051,6	856651,2	1225308	1988108	3024786		
	27000										263466,9	321991	475397	562917,6	794370,6	1136225	1843568	2804877		
	28000										244983,9	299402,4	442046,5	523427,2	738643,1	1056515	1714236	2608106		
	29000										228379,7	279109,9	412086,1	487951,1	688580,5	984908,4	1598051	2431338		
	30000													385071,6	455963,2	643440,2	920342,1	1493290	2271950	
	31000													360629	427020,7	602597,5	861922,9	1398503	2127737	
	32000													338441,8	400748,9	565523,6	808894,5	1312462	1996831	
	33000													318241	376829,1	531768,8	760613,3	1234124	1877645	
	34000														500948,3	716529,4	1162596	1768819		
	35000														472731,6	676169,7	1097111	1669188		
	36000														446833,5	639126,5	1037007	1577743		
	37000														423006,7	605046	981710,1	1493612		
	38000															573620,5	930721	1416035		
	39000															544581,2	883603,6	1344349		
	40000															517692,5	839975,7	1277972		
	41000															799501	1216392			
	42000															761882,7	1159158			
	43000															726858,4	1105871			
	44000															694194,8	1056175			
	45000															663684,5	1009756			
	46000															635142,3	966330,4			
	47000															608402,5	925647,4			
	48000															583316,5	887480,5			
	49000																			851626,5

Fy = 410 MPa

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 210 MPa AISC	0	459866,6	636581,6	842912,1	1075433	1334145	1935728	2515406	3651346
	1000	427552,1	607976,1	816591,8	1050793	1310789	1914078	2495625	3630599
	2000	343605,9	529643,9	742460	980209,2	1243146	1850571	2437210	3569062
	3000	238696,8	420868,4	633558,2	872947,1	1138076	1749374	2342874	3468810
	4000	144799,9	305051,8	507394	742206,5	1005726	1616927	2216907	3333169
	5000		203292,5	381372,6	602461,4	857921,9	1461264	2064849	3166539
	6000		141175,3	270923,6	466875,9	706440,3	1291213	1893092	2974150
	7000			199045,9	347580	561516,8	1115572	1708431	2761794
	8000				266116	433258,9	942385	1517629	2535540
	9000					342328	778376,5	1327016	2301442
	10000					277285,7	631749,3	1142166	2065286
	11000						522106,8	966526,3	1832360
	12000						438714,8	812150,6	1607282
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 240 MPa AISC	0	525561,8	720021	963328,1	1229067	1524737	2212261	2874750	4172967
	1000	483571,3	683164,2	929027,9	1196937	1494270	2184006	2848928	4145880
	2000	376678,6	583532,5	833282,5	1105500	1406472	2101390	2772845	4065668
	3000	248401,9	448709,1	695127,9	968361,9	1271456	1970582	2650529	3935416
	4000	144799,9	310616,6	539319,6	804467,2	1103925	1801015	2488297	3760043
	5000		203292,5	389167,7	633826,8	920547,3	1604263	2294218	3545998
	6000		141175,3	270923,6	473095	737259,9	1392736	2077447	3300864
	7000			199045,9	347580	565889,1	1178412	1847515	3032915
	8000				266116	433258,9	971764,2	1613648	2750656
	9000					342328	779937,4	1384179	2462384
	10000					277285,7	631749,3	1166107	2175799
	11000						522106,8	966526,3	1897691
	12000						438714,8	812150,6	1633712
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 245 MPa AISC	0	536511	736939,3	983397,5	1254672	1556502	2258349	2934640	4259904
	1000	492790,1	698451,6	947666,6	1221199	1524759	2228909	2907734	4231678
	2000	381867	594634,3	848076,4	1126043	1433361	2142872	2828485	4148118
	3000	249648,6	454750	704802,3	983638,4	1293042	2006793	2701174	4012501
	4000	144799,9	312395,3	543942	814007,6	1119367	1830676	2532508	3830054
	5000		203292,5	389843,9	638166	929898,1	1626758	2331034	3607615
	6000		141175,3	270923,6	473095	741312	1408111	2106424	3353214
	7000			199045,9	347580	565889,1	1187281	1868713	3075586
	8000				266116	433258,9	975152,4	1627566	2783685
	9000					342328	779937,4	1391664	2486211
	10000					277285,7	631749,3	1168233	2191197
	11000						522106,8	966526,3	1905683
	12000						438714,8	812150,6	1633408
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 250 MPa AISC	0	547460,2	753798,6	1003467	1280278	1588268	2304438	2994531	4346841
	1000	501975,5	713648,6	966276,6	1245434	1555222	2273788	2966518	4317453
	2000	386965,7	605580,4	862773,4	1146489	1460155	2184263	2884040	4230477
	3000	250797,1	460593,2	714313,6	998739,8	1314446	2042818	2751641	4089392
	4000	144799,9	313994,1	548375,5	823318,1	1134552	1860050	2576431	3899744
	5000		203292,5	390130	642267,3	938952,6	1648881	2367454	3668775
	6000		141175,3	270923,6	473095	745075,8	1423063	2134916	3404975
	7000			199045,9	347580	565889,1	1195718	1889366	3117558
	8000				266116	433258,9	978144,9	1640922	2815937
	9000					342328	779937,4	1398607	2509223
	10000					277285,7	631749,3	1169876	2205785
	11000						522106,8	966526,3	1912912
	12000						438714,8	812150,6	1633408
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 290 MPa AISC	0	635053,8	879088,8	1164022	1485122	1842391	2673148	3473656	5042335
	1000	574266,3	825008,7	1114128	1438339	1797999	2631950	3435989	5002813
	2000	424640,8	681923,9	976917,2	1306648	1671140	2512125	3325422	4886094
	3000	256764,9	496437,9	784745,2	1113407	1479285	2324417	3148994	4697582
	4000	144799,9	317644,5	577494,7	889913,5	1247115	2084952	2917608	4445821
	5000		203292,5	390130	667174,9	1001329	1812956	2644917	4141853
	6000		141175,3	270923,6	473095	765707,2	1528225	2345995	3798415
	7000			199045,9	347580	565889,1	1248811	2035974	3429060
	8000				266116	433258,9	987108,2	1728810	3047284
	9000					342328	779937,4	1436324	2665727
	10000					277285,7	631749,3	1169497	2295533
	11000						522106,8	966526,3	1943890
	12000						438714,8	812150,6	1633408
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	100x100	125x125	150x150	175x175	200x200	250x250	300x300	350x350
Fy = 410 MPa AISC	0	897834,7	1242850	1645686	2099655	2604759	3779278	4879220	7102279
	1000	778785	1136147	1546850	2006758	2516474	3697194	4804588	7023703
	2000	508254,4	867924	1284555	1752008	2269169	3461484	4587470	6793152
	3000	257422,1	554064,9	942453,2	1397240	1909814	3101552	4247190	6425593
	4000	144799,9	317644,5	609578,2	1017888	1500254	2659638	3812779	5944180
	5000		203292,5	390130	681256,9	1099989	2182693	3318890	5377835
	6000		141175,3	270923,6	473095	770238	1714311	2801274	4758386
	7000			199045,9	347580	565889,1	1289284	2292607	4117644
	8000				266116	433258,9	987108,2	1827339	3484774
	9000					342328	779937,4	1443823	2884278
	10000					277285,7	631749,3	1169497	2352107
	11000						522106,8	966526,3	1943890
	12000						438714,8	812150,6	1633408
	13000							692010	1391779
	14000							596682,1	1200055
	15000							519776,4	1045381
	16000								918791,9
17000								813877,9	

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 210 MPa AISC	0	322337	563612,1	486752,1	570332,1	814718,2	686198,2	790778,2	856814,9	982394,9	1106332	1325992	1515308	1766468	2031986	2398906	2822709	4042288
	1000	280730,4	520644,8	444526,1	521126,7	787436	648143,6	746942,5	822328,4	942908,3	1074038	1288665	1482047	1728782	1985762	2342613	2749576	4004079
	2000	185450,3	410416,9	338583,3	397548,3	710949,5	546180,4	629483,6	726976,3	833718,8	982701,9	1182870	1386580	1620482	1853304	2181535	2541351	3891604
	3000	95125,87	276077,7	215086,2	253202,2	599622,5	410623,9	473311	591986,5	679104,3	847407,2	1025491	1240938	1454846	1651882	1937307	2228757	3711124
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	472424,8	275420	317521,9	444037,9	509589	688701	839701,1	1062374	1251005	1406127	1640625	1854643	3472425
	5000					347698,8	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	527518,1	649405	870015,2	1030316	1143097	1324935	1464391	3187946
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	681550,8	812738,5	887471,4	1020362	1096419	2871705
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2538162
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2201150
	9000													371214,9				1872969
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 240 MPa AISC	0	368385,1	644128,1	556288,1	651808,1	931106,6	784226,6	903746,6	979217	1122737	1264379	1515419	1731781	2018821	2322270	2741607	3225953	4619758
	1000	314562,6	588320,1	501486,4	587946,1	895558,7	734722,6	846722	934304,5	1071313	1222288	1466764	1688406	1969674	2261994	2668205	3130610	4569886
	2000	195849,3	448268,1	367398,3	431509,9	796852,7	604183,6	696343,5	811553,1	930744,8	1104236	1329972	1564693	1829298	2090394	2459581	2861159	4423476
	3000	95125,87	284934,3	218742,8	257679,2	655920,7	436092,1	502683,4	641747,9	736243,2	932271,1	1129743	1378317	1617215	1832830	2147490	2462619	4189809
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	499475,2	275923,3	318114,2	461988,3	530259,3	735554,4	899024,5	1154084	1360957	1524664	1775944	1996155	3883265
	5000					351210,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	542349,9	670221,3	918531,2	1090221	1203327	1391090	1523819	3521860
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	694893,7	831338,3	900392,3	1030072	1096419	3125498
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2714181
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2306378
	9000													371214,9				1917761
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 245 MPa AISC	0	376059,8	657547,5	567877,5	665387,5	950504,6	800564,6	922574,6	999617,4	1146127	1290721	1546991	1767859	2060879	2370650	2798724	3293160	4716003
	1000	320061,1	599443,9	510829,1	598907	913475,1	749011,1	863189,2	952836,7	1092564	1246872	1496304	1722671	2009677	2307854	2722253	3193834	4664037
	2000	197315,2	454164,1	371825	436730,7	810819,3	613428,5	707000,2	825225,4	946430,3	1124065	1353993	1593918	1863577	2129272	2505151	2913474	4511549
	3000	95125,87	285969,6	218768,2	257811,8	664716,4	439767,8	506923,1	649375,8	745003,5	945671	1146244	1400356	1643296	1861811	2181103	2499822	4268401
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	503307,8	275923,3	318114,2	464289,6	532912,4	742451,9	907825	1168209	1377944	1542844	1796616	2017466	3949850
	5000					351210,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	543971,5	672653,7	925361,1	1098739	1211686	1400140	1531448	3574965
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696003,2	833115,4	900392,3	1030072	1096419	3164745
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2740195
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2320599
	9000													371214,9				1922182
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 250 MPa AISC	0	383734,5	670966,8	579466,8	678966,8	969902,7	816902,7	941402,7	1020018	1169518	1317062	1578562	1803938	2102938	2419031	2855841	3360367	4812248
	1000	325520	610523,7	520129,2	609818,2	931361,8	763259,5	879610,1	971331,8	1113773	1271422	1525803	1756898	2049638	2353664	2776239	3256979	4758145
	2000	198709,3	459946	376148,3	441830,6	824687,2	622555,4	717521	838778,5	961979,3	1143773	1377873	1623012	1897707	2167970	2550502	2965510	4599459
	3000	95125,87	286889,1	218768,2	257811,8	673349,6	443289,7	510985,6	656820,6	753554	958864	1162502	1422155	1669102	1890463	2214319	2536530	4346656
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	506958,6	275923,3	318114,2	466408,1	535355,8	749102	916330	1182013	1394561	1560590	1816773	2038154	4015903
	5000					351210,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	545370,6	674813,7	931853,6	1106863	1219595	1408662	1538475	3627359
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	834548,5	900392,3	1030072	1096419	3203150
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2765307
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2333936
	9000													371214,9				1925812
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 290 MPa AISC	0	445132	778321,5	672181,5	787601,5	1125087	947607,1	1092027	1183221	1356641	1527792	1831132	2092568	2439408	2806076	3312775	3898026	5582207
	1000	367792,8	697590,8	593010,6	695335,9	1073393	875811,3	1009324	1117962	1281920	1466550	1760331	2029405	2367834	2718309	3205904	3759252	5509473
	2000	207465,7	502256,7	407183,4	478474,6	932131,1	691444,4	796933,5	942999,9	1081556	1297165	1563935	1851125	2165468	2471139	2905536	3371874	5296905
	3000	95125,87	289882,2	218768,2	257811,8	736784,7	466303,3	537536,5	710099,2	814759,8	1057205	1284082	1588112	1865889	2108115	2466148	2812902	4960694
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	530090	275923,3	318114,2	477363,7	548027,3	793941,5	974353	1281458	1514793	1687681	1960330	2182484	4525544
	5000					351210,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	548322,5	681828,9	972536,4	1158656	1267901	1459340	1574929	4021678
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	835233,4	900392,3	1030072	1096419	3481384
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	2935652
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2411379
	9000													371214,9				1928798
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

Sumbu y	Le (mm)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)	Pn (N)
	Profil	150x75	148x100	198x99	200x100	194x150	248x124	250x125	298x149	300x150	346x174	350x175	396x199	400x200	450x200	500x200	600x200	588x300
Fy = 410 MPa AISC	0	629324,6	1100386	950325,6	1113506	1590640	1339720	1543900	1672829	1918009	2159982	2588842	2958458	3448818	3967211	4683579	5511002	7892086
	1000	480498	942556,2	796027,3	933661,3	1488305	1198498	1381222	1543895	1770377	2038595	2448465	2833000	3306629	3792924	4471399	5235676	7747096
	2000	214033,2	592371,8	467837	550402,3	1219136	858038,6	989000,2	1213714	1392231	1713852	2071379	2487653	2914277	3314673	3890811	4489513	7327912
	3000	95125,87	289882,2	218768,2	257811,8	874283,8	490530,3	565536,3	812732,5	932796,9	1283445	1567480	2003065	2361058	2647799	3085802	3474642	6679067
	4000		163058,8	123057,1	145019,1	548765,9	275923,3	318114,2	478478,8	549379,2	856136,6	1061015	1478981	1758380	1933335	2230628	2427197	5866048
	5000					351210,2	176590,9	203593,1	306226,5	351602,7	548322,5	681828,9	1002449	1202736	1296565	1483304	1578844	4964432
	6000					243896			212657,3	244168,6	380779,5	473492,3	696144,9	835233,4	900392,3	1030072	1096419	4048441
	7000					179188,9					279756,4	347871,9	511453,4	613640,9	661512,7	756787,9	805532,5	3181268
	8000												391581,5	469818,8	506470,7	579415,8	616735,8	2441134
	9000													371214,9				1928798
	10000																	1562326
	11000																	1291179
	12000																	1084949
	13000																	924453,3

LAMPIRAN 2

GRAFIK NILAI Pn

