# BATANG TARIK

Batang tarik adalah elemen struktur yang direncanakan dengan mangasumsikan bahwa batang hanya mengalami gaya aksial tarik. Batang tarik menjadi elemen struktur utama pada sistem rangka (truss) seperti pada rangka jembatan, rangka atap, maupun pada rangka menara transmisi. Selain itu batang tarik menjadi elemen struktur pendukung pada jangkar pengaku sistem lantai atau sebagai sistem penguat dinding.

Profil baja yang biasa digunakan sebagai batang tarik bisa berupa profl tunggal ataupun batang terangkai. Penggunaan profil tunggal secara umum lebih ekonomis, namun kadangkala karena kondisi tertentu diharuskan menggunkan batang terangkai. Kondisi-kondisi yang mengharuskan penggunaan batang terangkai yaitu:

1. Kapasitas tarik batang tunggal tidak mencukupi
2. Ratio kerampingan tidak memberikan rigiditas yang cukup
3. Pengaruh dari efek lentur membutuhkan kekakuan lateral yang lebih besar, atau
4. Keperluan estetika

## Persyaratan perencanaan

 Persyaratan perencanaan struktur baja batang tekan yang harus dipenuhi meliputi:

### Syarat Kekuatan

 Persamaan umum untuk syarat kekuatan komponen struktur tarik adalah:

###### Nu ≤ Φn Nn

Dengan:

Nu = beban tarik terfaktor

Φn = faktor reduksi kekuatan

Nn = kuat tarik nominal komponen struktur

Kekuatan nominal Nn suatu batang tarik ditentukan berdasar pada dua kriteria dasar, yaitu kriteria leleh dan kriteria hancur.

1. Kriteria leleh (*Yielding criterion*)

Jika tidak terdapat lubang pada penampang lintang suatu batang tarik, misalkan pada batang yang disambung menggunakan sambungan las, atau pada penampang yang berada jauh dari lubang sambungan, maka kondisi berdasarkan kriteria leleh yang menentukan besarnya kekuatan nominal batang. Berdasarkan kriteria lelehnya, kekuatan nominal batang tarik dihitung dengan menggunakan persamaan persamaan:

Nn = Ag fy

dengan

Nn = Kekuatan nominal batang tarik, N; kip

fy  = Tegangan leleh, MPa; Kips

Ag = Luas bruto penampang batang tarik, mm2; in2

Untuk keamanan, kapasitas rencana dari suatu batang tarik diambil nilai lebih kecil dari kekuatan nominal tersebut, dengan jalan mengalikan kekuatan nominal dengan suatu faktor reduksi kekuatan Ø. Untuk batang tarik dimana kekuatan nominal ditentukan berdasarkan kriteria lelehnya, besarnya faktor reduksi kekuatan Øt adalah 0,9. Selanjutnya alur persamaan perencanaan batang tarik berdasarkan kriteria leleh adalah sebagai berikut:

Nu ≤ Øt  Nn = Øt  Ag fy  = 0,9 Ag fy

dengan

Nu = gaya tarik aksial terfaktor

Øt  = faktor reduksi kekuatan batang tarik untuk kriteria leleh

Daerah dengan kriteria leleh

Gambar 3. 1. Daerah dengan kriteria leleh pada batang tarik

1. Kriteria hancur (*fracture criterion*)

Penggunaan baut maupun keling sebagai alat sambung pada batang tarik mengharuskan perlunya dibuat lubang-lubang pada batang tersebut sebagai tempat penyambungan. Adanya lubang-lubang tersebut tentunya akan mengakibatkan luas penampang lintang batang menjadi berkurang, yang pada akhirnya juga akan mengurangi kekuatan batang.

Dengan adanya lubang bagi alat penyambung pada penampang batang tarik, maka kekuatan nominal batang akan ditentukan oleh kriteria hancur yang dihitung bardasarkan luas efektif penampang, yaitu dengan persamaan:

Nn = Ae fu

dengan

Nn = Kekuatan nominal batang tarik, N; kip

fu  = Tegangan tarik putus, MPa; Kips

Ae = Luas efektif penampang batang tarik, mm2; in2

Untuk batang tarik dimana kekuatan nominal ditentukan berdasarkan kriteria hancurnya, besarnya faktor reduksi kekuatan Øt adalah 0,75. Faktor reduksi kekuatan diambil lebih kecil jika dibandingkan dengan yang berlaku pada kriteria leleh. Hal ini karena kondisi hancur adalah suatu keadaan yang sangat berbahaya, dan ketepatan perhitungan berdasarkan kriteria leleh ini tidak cukup tinggi.

Selanjutnya alur persamaan perencanaan batang tarik berdasarkan kriteria hancur adalah sebagai berikut:

Nu ≤ Øt  Nn

Nu = Øt Ae fu

Nu = 0,75 Ae fu

dengan

Nu = gaya tarik aksial terfaktor

Øt  = faktor reduksi kekuatan batang tarik untuk kriteria hancur = 0,75

Besarnya faktor reduksi kekuatan batang tarik untuk kriteria hancur (0,75) lebih kecil jika dibandingkan dengan faktor reduksi kekuatan untuk kriteria leleh (0,9). Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengujian, kriteria hancur memberikan lebih banyak variasi kegagalan yang mungkin terjadi jika dibandingkan dengan yang mungkin terjadi pada kriteria leleh.

Daerah dengan kriteria hancur

Gambar 3. 2. Daerah dengan kriteria hancur pada batang tarik

### Syarat kelangsingan

Pembatasan kelangsingan perlu diambil untuk menjamin batang tidak akan melendut atau mengalami getaran yang berlebihan. Batas kelangsingan untuk batang tarik adalah



dengan

L = panjang batang tanpa pengaku, mm; in

r = radius gyrasi penampang, mm; in

## Luas Tampang Bersih

Akibat penggunaan alat sambung baut atau keling, pada profil batang tarik harus dibuat lubang-lubang untuk pemasangan plat sambung tersebut. Adanya lubang-lubang tersebut mengakibatkan berkurangnya luas penampang lintang profil batang tarik, yang juga akan mengurangi kekuatan batang tersebut. Sehingga untuk menghitung kekuatan batang perlu diketahui luas tampang bersih penampang setelah dikurangi lubang-lubang alat sambung.

Luas bersih atau *Net area* (An) adalah luas total potongan batang dikurangi luas lubang yang ada pada batang tersebut, dinyatakan dalam persamaan:

An = Ag – Al

dengan

Ag = luas bruto

Al = luas lubang

Luas lubang diperoleh dengan mengalikan tebal tebal plat baja atau bagian profil yang dilubangi, dengan diameter bersih lubang, mengikuti persamaan:

Al = t x Φl

dengan

t = tebal plat

Φl = diameter bersih lubang

Diameter bersih lubang sendiri adalah diameter lubang yang sesungguhnya terjadi pada plat baja akibat pembuatan lubang untuk tempat alat sambung. Besarnya diameter bersih adalah diameter baut yang akan digunakan ditambah dengan 1/8 in. Penambahan 1/8 in ini berasal dari toleransi untuk lebar baut sebesar 1/16 in ditambah dengan toleransi kerusakan material disekitar lubang akibat proses pelubangan yang diambil sebesar 1/16 in.

 Φl = diameter baut + 1/8 in

Contoh kasus:

 Berapakah luas bersih (An) untuk batang tarik seperti pada Gambar 3. 3 berikut

Potongan A-A’

Lubang untuk baut ¾ in

T

A

A’

Plat baja ¼ x 5 in

T

Gambar 3. 3. Luas bersih penampang batang tarik

Penyelesaian:

Luas bruto (Ag) = tebal plat x lebar plat

 = 5 x 0,25

 = 1,25 in2

Diameter bersih lubang (Φl ) = diameter baut + 1/8 in

 = ¾ + 1/8

Diameter bersih lubang (Φl ) = 7/8 in

Luas lubang = tebal plat x diameter bersih lubang

 = 0,25 x 7/8

Luas lubang = 0,2187 in2

Luas bersih (An) = luas bruto – luas lubang

 = 1,25 – 0,2187

 = 1,0313 in2

## Pengaruh posisi lubang yang tidak segaris

Pada kondisi dimana dibutuhkan lebih dari satu baris lubang baut, dan posisi lubang-lubang tersebut tidak dalam satu baris arah tegak lurus pembebanan, maka pada sambungan tersebut akan timbul lebih dari satu kemungkinan garis kegagalan, seperti contoh pada Gambar 3. 4. Garis kegagalan yang menentukan adalah yang memberikan luas penampang bersih terkecil.

s

u

u

1

3

2

Gambar 3. 4. Posisi lubang baut yang tidak segaris

Untuk kondisi seperti pada Gambar 3. 4, muncul dua kemungkinan garis kegagalan, yaitu garis yang melalui baut no 1-2-3 dan garis yang melalui baut no 1-3. Besarnya luas penampang bersih pada kasus ini dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Luas penampang netto diambil nilai terkecil antara potongan 1-3 dan potongan 1-2-3

 Potongan 1-3: An = Ag – n d t

 Potongan 1-2-3: An = Ag – n d t + Σ

Dimana disyaratkan variabel n.d.t ≤ 15% Ag

dengan

n = banyaknya lubang dalam garis potongan

d = diameter lubang, mm

s = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur, mm; in

u = jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur, mm; in

Contoh kasus:

Hitunglah berapa luas bersih dari batang tarik pelat tebal 1 in, dengan diameter baut ½ in dan posisi lubang baut seperti pada Gambar 3. 5 berikut:

1

2

3

4

Arah pembebanan

Gambar 3. 5. Lubang baut dengan posisi tidak segaris

Penyelesaian:

Luas bruto ( Ag ) = tebal plat x lebar plat

 = 1 x 12

 = 12 in2

Diameter bersih lubang (Φl ) = diameter baut + 1/8 in

 = ½ + 1/8

 = 5/8 in

Potongan 1 – 4:

 An = Ag – n.d.t

 = 12 – 2. 5/8 .1

 = 10,75 in2

Potongan 1 – 2 – 3:

 An = Ag – n.d.t + Σ

 An = 12 – 3. 5/8 .1 + )

 = 11 in2

Potongan 1 – 2 – 4:

 An = Ag – n.d.t + Σ

 = 12 – 3. 5/8 .1 + )

 = 11,1406 in2

Sehingga luas bersih yang menentukan adalah pada potongan 1-4 dengan An = 10,75 in2.

## Batang tarik profil siku

 Perhitungan jarak lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur (u) antara lubang baut yang berdekatan pada kedua kaki profil siku yang memiliki lubang baut pada kedua kaki sikunya seperti pada

**Gambar 3. 6**, adalah dengan terlebih dahulu mentransformasikan profil siku menjadi plat, sehingga diperoleh jarak u untuk dua lubang baut pada kedua kaki siku yang berdekatan menjadi:

 u = ua + ub – t

dengan

ua dan ub = jarak sumbu lubang baut pada kedua kaki profil siku yang letaknya terdekat dengan siku profil ke ujung siku profil

t = tebal plat profil yang disambung

s

ua

ub

s

u

t

Gambar 3. 6. Posisi lubang tak segaris pada profil siku

## Luas Tampang Bersih Efektif

 Luas penampang bersih (An) adalah luas batang tarik yang sudah tereduksi, namun belum memberikan nilai kekuatan yang tepat. Kondisi ini terutama terjadi pada batang tarik yang memiliki sambungan tidak pada semua bagian elemen, misalkan pada profil siku yang hanya disambung pada salah satu kakinya. Pada kasus seperti ini, gaya tarik didistribusikan secara tidak seragam ke seluruh penampang batang. Untuk memperhitungkan ketidakseragaman tersebut, perlu dihitung variabel luas tampang efektif (Ae). Luas efektif atau *Efective area* (Ae) dihitung dengan persamaan:

 Ae = An . U

dengan

Ae = luas efektif, mm2; in2

U = faktor reduksi

 Besarnya faktor reduksi U ditentukan dengan menggunakan persamaan:

 U = 1 – (x/L) ≤ 0,9

X = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan , mm; in

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik, mm;in

L

x

Titik berat penampang

Gambar 3. 7. komponen x dan L pada perhitungan faktor reduksi U

Contoh kasus:

 Hitunglah luas bersih yang menentukan dari sambungan plat seperti Gambar 3. 8. di bawah ini, jika diketahui tebal plat: ¾” dan diameter baut: ¾”. Kemudian hitunglah kekuatan tarik nominalnya jika digunakan baja BJ 37!

2,5”

3”

2,5”

2,5”

2”

1,5”

1

# 2

# 3

# 4

Nu

Gambar 3. 8. Baut dengan posisi lubang tidak segaris

Penyelesaian:

Luas bruto (Ag) = 10” x ¾” = 7,5 in2

Diameter lubang (d) = diameter baut + 1/8”

 = ¾” + 1/8”

 = 0,875 in

Luas netto (An):

Potongan 1-4

 An = Ag – ndt

 = 7,5 – 2 x 0,875 x ¾

 = 6,1875 in2

Potongan 1-2-4

 An = Ag – ndt + ∑

 = 7,5 – (3 x 0,875 x ¾) + 

 = 6,39 in2

Potongan 1-2-3

 An = Ag – ndt + ∑

 An= 7,5 – (3 x 0,875 x ¾) + 

 = 6,14 in2

Sehingga luas bersih yang menentukan adalah luas bersih potongan 1-2-3 = 6,14in2

Luas efektif (Ae):

 Ae = An. U

U = 1 –  ≤ 0,9

 X = ½ t

 = ½ x ¾

 = 0,375 in

 L = 2,5 + 1,5

 = 4 in

U = 1 – ≤ 0,9

 = 0.90625 > 0,9 ; sehingga digunakan U = 0,9

Ae = An. U

 = 6,14 x 0,9

 = 5,526 in2

Baja BJ 37 : fu = 370 MPa

 fy  = 240 MPa

Konversi satuan panjang: 1 in = 25,4 mm, sehingga diperoleh:

Ag = 7,5 x (25,4)2

 = 4838,7 mm2

Ae = 5,526 x (25,4)2

 = 3565,154 mm2

Kekuatan tarik nominal ditentukan berdasarkan nilai terkecil dari dua persamaan berikut:

Nn = 0,9 Ag fy

 = 0,9 x 4838,7 x 240

Nn = 1073030,112 N

Dan

Nn = 0,75 Ae fu

 = 0,75 x 3565,154 x 370

Nn = 989330,2 N

Sehingga kuat tarik nominal yang menentukan adalah berdasarkan kriteria hancur yaitu Nn= 989330,2 N

## Kegagalan Robekan (Block Shear Rapture)

 Batang tarik yang cukup tipis dan disambung menggunakan alat sambung baut, mempunyai kecenderungan mengalami kegagalan robekan (*block shear rupture*), yang bisa jadi merupakan keadaan batas yang menentukan. Kegagalan robekan terjadi akibat dari adanya kombinasi gaya tarik dan gaya geser pada posisi sambungan baut, seperti pada **Gambar 3. 10**. Ada dua kemungkinan kombinasi geser-tarik yang terjadi, yaitu tarik besar geser kecil ( **Gambar 3. 10**a) atau geser besar tarik kecil ( **Gambar 3. 10**b).

Bidang geser

Bidang tarik

Block shear rapture

Gambar 3. 9. Kegagalan robekan ( *block shear rapture* )

a. Tarik Besar, Geser kecil

b. Tarik Kecil, Geser besar

Gambar 3. 10. Komposisi geser-tarik pada kegagalan robekan

 Konsep dasar perhitungan kekuatan nominal batang tarik dengan memperhatikan kondisi pelelehan dan retakan yang terjadi akibat kombinasi geser dan tarik adalah dengan menghitung kekuatan pada daerah tarik dan kekuatan pada daerah tekan, kemudian menjumlahkannya. Konsep tersebut dinyatakan dalam dua persamaan untuk dua kondisi yang berbeda berikut ini:

1. Jika Fu Ant ≥ 0,6 Fu Anv,

 Φ Rn = 0,75 (Fu Ant + 0,6 Fy Agv)

1. Jika Fu Ant ≤ 0.6 Fu Anv,

 Φ Rn = 0,75 (0,6Fu Anv + Fy Agt)

dengan:

Agv : luas bruto pada penampang geser *Block Shear Rapture* ( BSR ); mm2, in2

Agt : luas bruto pada penampang tarik BSR ; mm2, in2

Anv = Agv – (Alubang pada bidang geser BSR); mm2, in2

Ant = Agt – (Alubang pada bidang tarik BSR) ; mm2, in2

Contoh kasus:

 Berapakah kuat nominal batang tarik berikut ini berdasarkan ketahanannya terhadap kegagalan robekan ( *block shear rapture* ) ?

2,5 in

6 in

1,5 in

Nu

Gambar 3. 11. Batang tarik dengan *block shear rupture*

Diketahui:

Tebal pelat = 1 in

Lebar pelat = 6 in

Diameter baut = ¾ in

Fu = 370 MPa

Fy = 240 MPa

Penyelesaian:

 Diameter bersih lubang (Φl ) = diameter baut + 1/8 in

 = ¾ + 1/8

 = 7/8 in

 Agv = 2 x (4 x 1) = 8 in2

 Agt = 2 x 1 = 2 in2

 Anv = Agv – 2 x 1,5 x Φl

 = 8 – 2 x 1,5 x 7/8

 = 5,375 in2

 = 5,375 x (25,4)2

 = 3467,735 mm2

 Ant = Agt – 2 x Φl

 = 2 – 2 x 7/8

 = 0,25 in2

 = 0,25 x (25,4)2

 = 161,29 mm2

 Fu Ant = 370 x 161,29

 = 59677,3 N

 0,6 Fu Anv= 0,6 x 370 x 3467,735

 = 769837,2 N

Karena Fu Ant < 0,6 Fu Anv,maka

Φ Rn = 0,75 (0,6Fu Anv + Fy Agt)

 = 0,75 (769837,2 + 240 x 2 x (25,4)2)

 = 809635.5 N

 Jadi, besarnya kekuatan nominal batang tarik tersebut berdasarkan ketahanannya terhadap kegagalan robekan ( *block shear rapture* ) adalah Φ Rn = 1318303,82 N.