Bab II

STUDI PUSTAKA

2.1 Metode Desain *Load and Resistance Factor Design* (LRFD)

Perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung di Indonesia saat ini mengacu pada peraturan yang terbaru yaitu SNI 03-1729-2002 yang menggunakan metode LRFD. Peraturan tersebut mengadopsi peraturan dari Amerika Serikat yaitu *American Institute of Steel Construction - Load and Resistance Factor Design* (AISC - LRFD). Peraturan perencanaan struktur baja terbaru di Indonesia tersebut menggantikan peraturan lama yang menggunakan metode tegangan ijin (Allowable Stress Design).

Struktur dan elemen-elemen struktur harus mempunyai kekuatan, kekakuan dan keawetan yang memadai agar dapat berfungsi dengan baik selama umur pelayanan bangunan. Struktur harus direncanakan untuk mempunyai cadangan kekuatan, untuk mengatasi kemungkinan terjadinya beban yang lebih besar dari beban rencana (overload) dan kemungkinan terjadinya kekuatan bahan yang kurang dari rencana (understrength) yang bisa disebabkan oleh dimensi profil yang kurang atau mutu bahan yang kurang.

Keruntuhan (failure) merupakan keadaan di mana struktur atau elemen-elemennya atau sambungan-sambungannya tidak mampu menahan beban yang bekerja sehingga runtuh. Kondisi batas (limit state) merupakan keadaan di mana struktur atau elemen-elemennya tidak mampu lagi memenuhi fungsinya. Kondisi

batas dibedakan menjadi kondisi batas kekuatan (strength limit states) dan kondisi batas layan (serviceability limit states). Kondisi batas kekuatan adalah fenomena perilaku struktur berkaitan dengan pencapaian kekuatan daktail maksimum (kekuatan plastis), tekuk (buckling), lelah (fatique), patah (fracture), guling (overturning), dan pergeseran (sliding). Kondisi batas layan adalah hal-hal yang berkaitan dengan pemakaian bangunan seperti lendutan, vibrasi, deformasi permanen dan retak (cracking).

Desain dengan metode faktor ketahanan dan beban terfaktor (LRFD) adalah suatu metode untuk merencanakan struktur sehingga tidak ada kondisi batas yang dilampaui. Secara umum kebutuhan akan keamanan struktur dapat dinyatakan sebagai:

$$\phi.Rn \geq \Sigma \gamma_i.Q_i$$

dengan :

Rn = ketahanan nominal (nominal resistance)

ϕ = faktor reduksi kekuatan (strength reduction factor)

$\phi.Rn$ = kuat rencana (design strength)

γ_i = *overload factors*

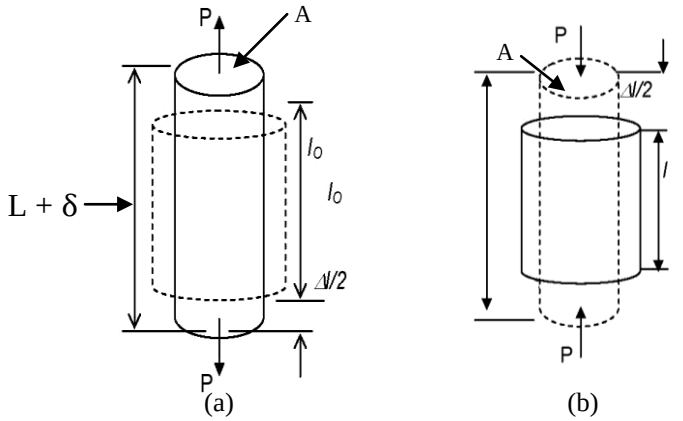
Q_i = beban (beban mati, beban hidup, dll)

$\Sigma \gamma_i.Q_i$ = beban terfaktor (factored loads)

Pada rumus tersebut, bagian sebelah kiri menyatakan ketahanan (resistance) atau kekuatan dari komponen atau sistem struktur; bagian sebelah kanan menyatakan beban – beban yang mungkin bekerja.

2.2 Tegangan dan Regangan

Tegangan dan regangan dapat dicontohkan dengan meninjau sebuah batang prismatis yang mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan diseluruh panjangnya, dan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah sama dengan sumbu elemen, sehingga mengakibatkan terjadinya tarik atau tekan pada batang.



Gambar 2.2.1 (a) Batang prismatis yang mengalami tarik, (b) Batang prismatis yang mengalami tekan

2.2.1 Tegangan Normal

Tegangan adalah Intesitas gaya (gaya per satuan luas). Gaya *P* yang bekerja dipenampang adalah *resultan* dari tegangan yang terdistribusi kontinu. Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata, maka dapat dilihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas σ dikalikan dengan luas penampang *A* dari batang tersebut. Dengan demikian diperoleh rumus berikut untuk menyatakan besar tegangan.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

dengan :

σ = Tegangan (N/m^2) / MPa

P = Gaya/beban yang diberikan (lb atau N)

A_o = Luas penampang bahan sebelum dibebani (in^2 atau m^2)

Persamaan ini memberikan intensitas tegangan merata pada batang prismatis yang dibebani secara aksial dengan penampang sembarang. Apabila batang ini ditarik dengan gaya *P*, maka tegangannya adalah *tegangan tarik (tensile stress)*, apabila gayanya mempunyai arah sebaliknya, sehingga menyebabkan batang tersebut mengalami tekan, maka terjadi *tegangan tekan (compressive stress)*. Karena tegangan ini mempunyai arah yang tegak lurus permukaan potongan, maka tegangan ini disebut *tegangan normal (normal stress)*.

Apabila konvensi tanda untuk tegangan normal dibutuhkan, biasanya tegangan tarik didefinisikan bertanda positif dan tegangan tekan bertanda negatif. Karena tegangan normal σ diperoleh dengan membagi gaya aksial dengan luas penampang, maka satuannya adalah gaya per satuan luas.

2.2.2 Regangan Normal

Suatu batang lurus akan mengalami perubahan panjang apabila dibebani secara aksial, yaitu menjadi panjang jika mengalami tarik dan menjadi pendek jika mengalami tekan. Perpanjangan per satuan panjang disebut *regangan*, yang dinyatakan dengan simbol ε (epsilon) dan dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

dengan :

ε = Regangan

δ = Panjang total (Setelah terjadi perubahan panjang)

L = Panjang batang

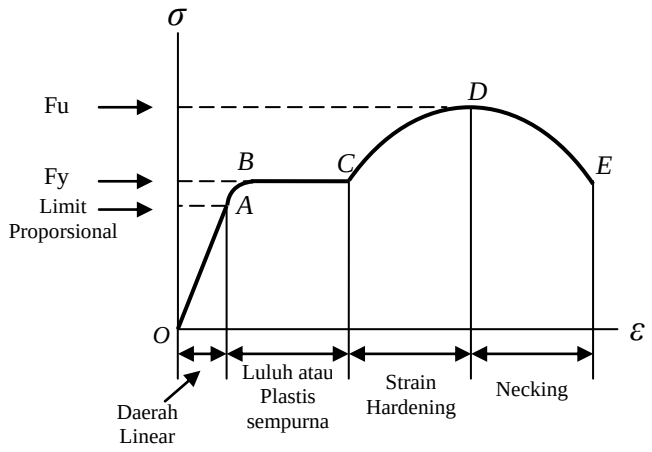
Jika batang tersebut mengalami tarik, maka regangannya disebut *regangan tarik*, yang menunjukkan perpanjangan bahan. Jika batang tersebut mengalami tekan, maka regangannya adalah *regangan tekan* menunjukkan batang tersebut memendek. Regangan tarik biasanya bertanda positif, dan regangan tekan bertanda negatif.

Regangan disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal. Karena merupakan ratio antara dua panjang, maka regangan normal ini merupakan besaran tak berdimensi, artinya regangan tidak mempunyai satuan. Dengan demikian regangan dinyatakan hanya dengan suatu bilangan, tidak bergantung pada sistem satuan apapun.

2.3 Diagram Tegangan-Regangan

Uji tarik rekayasa sering dipergunakan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Benda uji tarik diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu, diagram yang diperoleh dari uji tarik pada umumnya digambarkan sebagai diagram tegangan-regangan.

Diagram tegangan-regangan menunjukkan karakteristik dari bahan yang diuji dan memberikan informasi penting mengenai besaran mekanis dan jenis perilaku (Jacob Bernoulli 1654 – 1705 dan J.V. Poncelet 1788 – 1867). Diagram tegangan-regangan untuk baja struktral tipikal yang mengalami tarik ditunjukkan pada Gambar 2.3.1.



Gambar 2.3.1 Diagram tegangan-regangan.

Diagram tersebut dimulai dengan garis lurus dari pusat sumbu *O* ke titik *A*, yang berarti bahwa hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah awal ini bukan saja *linear* melainkan juga *proporsional* (dua variabel dikatakan *proporsional* jika rasio antar keduanya konstan, dengan demikian suatu hubungan *proporsional* dapat dinyatakan dengan sebuah garis lurus yang melalui pusatnya). Melewati titik *A*, proporsionalitas antara tegangan dan regangan tidak terjadi lagi; maka tegangan di titik *A* disebut *limit proporsional*. Kemiringan garis lurus dari titik *O* ke titik *A* disebut *modulus elastisitas*. Karena kemiringan mempunyai satuan tegangan dibagi regangan, maka modulus elastisitas mempunyai satuan yang sama dengan tegangan yang dinyatakan dengan persaman :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dengan:

E = Modulus Elastisitas (N/m^2) / MPa

σ = Tegangan (N/m^2) / MPa

ε = Regangan

Dengan meningkatnya tagangan hingga melewati limit *proporsional*, maka regangan mulai meningkat secara lebih cepat lagi untuk setiap pertambahan tegangan. Dengan demikian, kurva tegangan-regangan mempunyai kemiringan yang berangsur-angsur semakin kecil, sampai pada titik *B* kurva tersebut menjadi horizontal (lihat Gambar 2.3.1). Mulai dari titik ini, terjadi perpanjangan yang cukup besar pada benda uji tanpa adanya pertambahan gaya tarik (dari *B* ke *C*). Fenomena ini disebut luluh dari bahan, dan titik *B* disebut *titik luluh* (Fy). Pada daerah antara *B* dan *C*, bahan ini menjadi *plastis sempurna*, yang berarti bahan ini berdeformasi tanpa adanya pertambahan beban. Setelah mengalami regangan besar yang terjadi selama peluluhan di daerah *BC*, baja mulai mengalami pengerasan regang *(strain hardening)*. Selama itu, bahan mengalami perubahan dalam struktur kristalin, yang menghasilkan peningkatan resitensi bahan tersebut terhadap deformasi lebih lanjut. Perpanjangan benda uji di daerah ini membutuhkan peningkatan beban tarik, sehingga diagram tegangan-regangan mempunyai kemiringan positif dai *C* ke *D*. Beban tersebut pada akhirnya mencapai harga maksimumnya, dan tegangan pada saat itu (di titik *D*) disebut *tegangan ultimate* (Fu). Penarikan batang lebih lanjut pada kenyataannya akan disertai dengan pengurangan beban, dan akhirnya terjadi putus.patah di suatu titik seperti titik *E* pada Gambar 2.3.1.

2.4 Sifat Mekanis Baja

Berdasarkan SNI 03–1729–2002, sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada

Tabel 2.2.1. Tegangan putus (fu) dan tegangan leleh (fy) untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan *Tabel 2.4.1.*

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, Fu (MPa)	Tegangan Leleh Minimum, Fy (MPa)	Peregangan Minimum
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

Tabel 2.4.1 Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis lainnya baja struktural untuk perencanaan ditetapkan sebagai berikut :

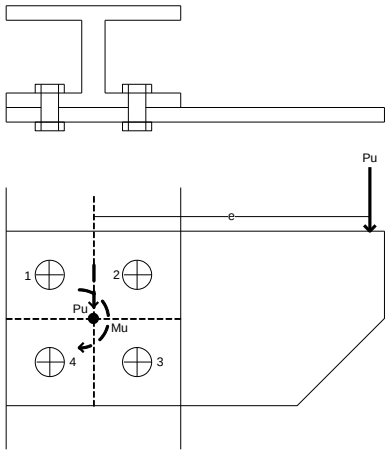
Modulus elastisitas : E = 200.000 MPa

Modulus geser : G = 80.000 MPa

Rasio poisson : $\mu = 0,3$

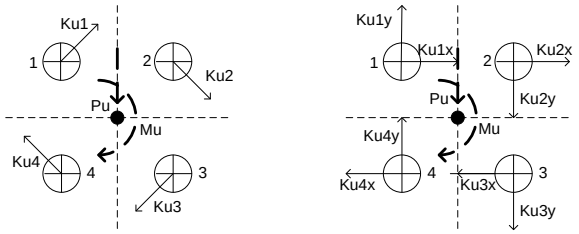
2.5 Pengertian Pembebanan Sebidang

Kelompok baut yang memikul pembebanan sebidang



Gambar. 2.5.1Pembebanan Sebidang

Pembebanan sebidang adalah pembebanan yang gaya dan momen lentur rencananya berada dalam bidang sambungan sedemikian rupa sehingga gaya yang ditimbulkan dalam komponen sambungan hanya gaya geser.



Dalam hal ini Pu dan Mu diasumsikan bekerja pada titik pusat baut. Akibat Pu sentris, tiap baut menerima gaya geser = Pu/jumlah baut. Akibat Mu, tiap baut menerima gaya geser yang besarnya sebanding dengan jarak baut ke titik pusat kelompok baut, yang dalam penyelesaian setiap gaya baut diuraikan searah sumbu horizontal dan vertikal.

$$Kuix = \frac{Mu.yi}{\sum xi^2 + \sum yi^2}$$

$$Kuiy = \frac{Mu.xi}{\sum xi^2 + \sum yi^2}$$

$$Kui = \sqrt{Kuix^2 + Kuiy^2}$$

Dengan :

Mu.yi = Akibat momen di titik pusat baut (kg.mm)

$\sum xi^2$ = jumlah kuadrat absis setiap baut (mm)

$\sum yi^2$ = jumlah kuadrat ordinat setiap baut (mm)

Kui = gaya yang bekerja pada baut no.i (mm)

Untuk menghitung kekuatan geser baut:

$$Rn = n.0{,}5.Fu.0{,}25.\frac{22}{7}.d^2$$

Dengan :

Rn = Kekuatan baut (kg)

n = jumlah bidang geser

Fu = tegangan putus (Mpa)

d = diameter baut (mm)

Untuk menghitung kekuatan tumpu pelat:

$$Pn = (0.183 + 1.53)\ Fu.d_L.tp$$

Dengan :

Pn = kekuatan tumpu pelat (N)

Fu = tegangan putus (Mpa)

dL = diameter lubang baut (mm)

tp = tebal pelat (mm)

Kekuatan sambungan momen diperoleh dari hasil minimum antara Rn dan Pn.