

## ANALISIS SAMBUNGAN SISTEM SARUNG SEBAGAI SOLUSI KEGAGALAN STRUKTUR AKIBAT PERBEDAAN MATERIAL KONSTRUKSI

oleh : Haryo Koco Buwono  
Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta  
email: haryokoco@yahoo.com

**ABSTRAK:** Konstruksi Beton bertulang memiliki kelebihan pada mudahnya membentuk ukuran sesuai dengan kapasitas layannya, dan ini berbeda dengan Baja. Baja adalah dibentuk berdasar Profil yang telah tersedia di pasaran. Bila kapasitas layan lebih besar 0.001 diatas dari kebutuhan Profil bajanya, maka dimensi harus dirubah, dan sangat mungkin dimensinya menjadi terlampau boros dibanding kapasitas yang akan dilayani. Hasil Pemeriksaan jumlah tulangan / pembesian terpasang untuk Balok Kantilever mempunyai tulangan atas sebanyak 6D32, dan tulangan bawah 5D32 dengan bentang balok kantilever sepanjang 3 m. Dimensi balok kantilever adalah 20 x 40 cm<sup>2</sup>. Hasil pemeriksaan Tulangan Kolom adalah didasarkan dari Tulangan Kolom yang ditinjau dari lantai dasar yang menembus ke lantai Aula dengan cara diketrik (dikupas) untuk meninjau jumlah tulangannya. Hasilnya Tulangan Kolom adalah berjumlah 8D32 ditambah "tulangan ekstra" 4D16. Elemen Balok Kantilever Balkon eksisting sulit diangkur, bila di sisi depan dibuatkan sambungan, maka dibuat ide dengan Sambungan Sarung. Sambungan Sarung yang dimaksud adalah memberikan perkuatan sambungan antara konstruksi baja dan beton dari momen puntir, momen lentur (walau dalam modelisasinya sendi), dan tarik. Filosofi dari konstruksi seperti Gambar 3 dan 4 tersebut, adalah memiliki dampak tarik pada sambungan akibat dari beban vertikal maupun beban horisontal gempa.

*Kata Kunci:* Sambungan, pemodelan, kantilever, sarung

**ABSTRACT:** Reinforced concrete construction has advantages in size easily formed according to the capacity of maid, and is different from the Steel. Steel is formed based on profiles that have been available in the market. When the service life of greater capacity than demand over the 0,001. Profile in steel, then the dimensions must be changed, and quite possibly its dimensions become too wasteful than the capacity that will be served. Result of the number of bars / reinforced attached to cantilever beams have reinforcement of as much as 6D32, 5D32 and bottom reinforcement with long cantileverbeam spans 3 m. Cantilever beam dimensions are 20 x 40 cm<sup>2</sup>. The Assessment is based Column Reinforcement of Column Reinforcement in terms of penetrating the ground floor to the floor of the Hall by way creeping (peeled) to review the number of reinforcement. Column Reinforcement result is a total plus 8D32 "extra reinforcement" 4D16. Balcony existing cantilever beam element to do anchorage, is difficult, when on the front side made the connection, then created the idea with Connection Gloves. Connection Gloves in question is to give reinforcing the connection between steel and concrete construction of the torque, bending moment (though in modelization joints), and pull. The philosophy of the construction as shown in Figure 3 and 4, is having an impact tensile load in the joint result of vertical and horizontal earthquake load.

*Keywords:* Connection, modelling, cantilever

### UMUM

Konstruksi bangunan identik dengan kemampuan konstruksi untuk mendukung beban yang harus dipikulnya. Beban tersebut adalah beban vertikal yang bisa meliputi beban fungsi dan beban konstruksi lain, dan yang tak kalah penting adalah beban Horisontal. Beban Horisontal ini adalah beban-beban yang berpengaruh pada konstruksi, utamanya adalah pada Kolom. Beban horisontal tidak berdampak langsung pada balok dan Pelat.

Pada konstruksi renovasi untuk gedung Aula Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta (FT UMJ) tergolong unik, mengingat konstruksi Bangunan eksisting memiliki beton yang relatif Kokoh. Dikatakan kokoh karena memiliki mutu beton yang relatif baik yaitu K-350 dan tulangan pokok untuk elemen balok, rata-rata mempunyai ukuran diameter 32 mm.

Perubahan fungsi Balkon Aula FT UMJ menjadi ruangan kelas dengan ukuran standar untuk kapasitas 50 siswa. Penambahan 2 ruang pada balkon ini berdampak pada perubahan pada konstruksi utama. Konstruksi yang sebelumnya adalah berposisi sebagai kantilever berubah menjadi konstruksi portal. Tentunya hal ini juga berdampak pada beban yang berada di bawahnya.

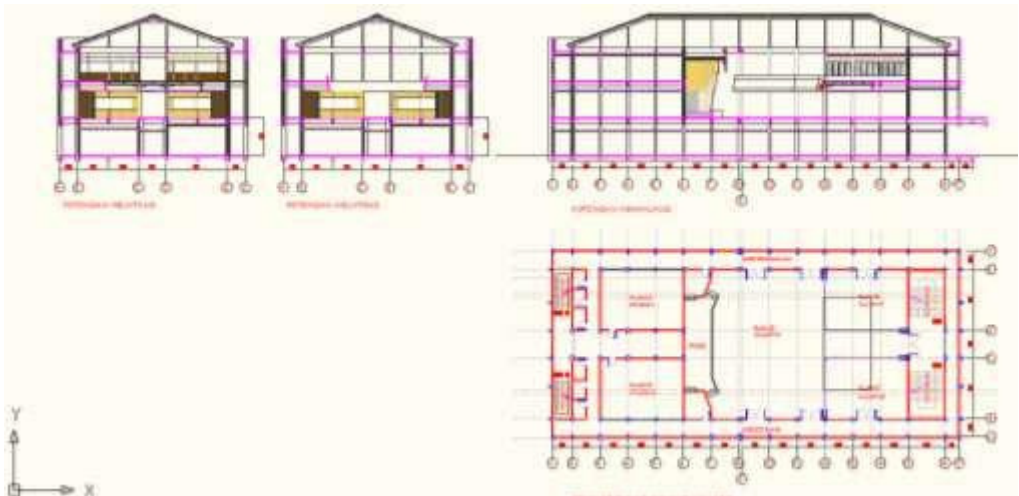
## **LATAR BELAKANG**

Konstruksi Beton bertulang memiliki kelebihan pada mudahnya membentuk ukuran sesuai dengan kapasitas layannya, dan ini berbeda dengan Baja. Baja adalah dibentuk berdasar Profil yang telah tersedia di pasaran. Bila kapasitas layan lebih besar 0.001 diatas dari kebutuhan Profil bajanya, maka dimensi harus dirubah, dan sangat mungkin dimensinya menjadi terlampau boros dibanding kapasitas yang akan dilayani.



Gambar 1. Balkon (Lantai 3) Fakultas Teknik UMJ yang akan berubah Fungsi

Pemanfaatan terhadap beban konstruksi juga ikut memperngaruhi pemilihan material konstruksi yang digunakan. Pertimbangan utama dari kemampuan pondasi terhadap daya dukung tanah akibat beban tambah, dan konstruksi yang ada di bawahnya. Konstruksi Balkon berada pada lantai 3 dan konstruksi (portal)nya berada pada lantai 2 atau berada pada ruang Aula yang dimaksud.



Gambar 2. Denah dan Potongan Rencana Perubahan Aula

Aula, menurut Arsitekturnya, juga dimanfaatkan sebagai ruangan dengan fungsi “ON-OFF”, artinya pada saat Aula dipakai sebagai ruang pertemuan besar maka ruangan tersebut dibuka (ON), sedang bila dipakai sebagai ruang kuliah maka Aula OFF. Pemanfaatan ruang dengan keterbatasan lahan yang dimiliki Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

### MAKSUD TUJUAN

Maksud dari penulisan ini adalah penggunaan dan analisis Konstruksi yang relatif ringan dengan memanfaatkan Konstruksi eksisting dengan Tujuan agar tidak mengganggu atau merubah konstruksi yang berada dibawahnya. Bahan material Konstruksi eksisting adalah beton bertulang dan bahan material pemanfaatan Ruangannya adalah Baja Profil.

### IDENTIFIKASI MASALAH

- Konstruksi Eksisting Beton Bertulang,
- Konstruksi Pondasi Beton Bertulang model Pelat Setempat,
- Konstruksi Sambungan
- Model sambungan

### PERUMUSAN MASALAH

- Penetapan Konstruksi Sambungan/Perubah Ruangannya,
- Penetapan Model Sambungan terhadap Konstruksi Eksisting dan Konstruksi Baru.
- Analisis Modelisasi Konstruksi,
- Analisis Modelisasi Sambungan.

### BATASAN MASALAH

- Material Baja Profil WF untuk Konstruksi Kolom,
- Material Baja Profil WF untuk Konstruksi Balok,
- Material Baja Pelat untuk Konstruksi sambungan,

- d. Modelisasi dan Perencanaan dengan Alat Bantu SAP 2000,
- e. Penghitungan Baja dengan Load Resistance factor Design (LRFD).

## **TEORI BETON**

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk dan kolom. Dasar – dasar perhitungan analisis beton :

1. Penampang yang semula rata akan tetap rata setelah terjadi deformasi atau perubahan bentuk sampai beton mengalami kehancuran. (Bernouli)
2. Ikatan antara beton dan tulangan akan tetap dipertahankan sampai saat kehancuran. Dalam hal ini berarti regangan yang terjadi di dalam beton sama dengan regangan yang terjadi di dalam baja tulangan  $\epsilon_c = \epsilon_s$
3. Diagram tegangan – regangan beton sesuai pada grafik dan regangan maksimum yang terjadi di dalam beton,  $\epsilon_{ec} (max.)$  adalah 0,0003
4. Didalam perencanaan, kemampuan tegangan tarik beton dianggap nol ( 0 ).

Segera setelah tegangan tarik hancur beton tercapai pada serat balok yang tertarik, retak rambut akan terbentuk diawali dari dasar balok dan menjalar sampai pada penampang netral.

Kehancuran gelagar akan terjadi karena :

1. Regangan beton diserat teratas ( serat tertekan ) mencapai nilai maksimum 0.003.
2. Regangan tulangan sama  $\epsilon_s$  dengan atau lebih besar dari  $\epsilon_y$  dan tegangan ulangan sama dengan tegangan leleh  $f_y$ .

Pada saat beton dalam keadaan under reinforced dimana tulangan baja tarik kurang dari yang diperlukan maka  $\epsilon_s$  yang diperoleh akan lebih besar dari regangan leleh atau kehancuran balok diawali dengan melelehnya tulangan. Pada kondisi over reinforced dimana tulangan baja tarik yang dipasang lebih besar dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan, letak garis netral bergeser ke bawah. Kehancuran beton pada kondisi over reinforced akan terjadi keruntuhan secara mendadak.

Petak plat dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan balok induk pada kedua sisi pendek. Bila perbandingan balok tumpuan yang membatasi petak plat antara sisi panjang dengan sisi pendek lebih dari 2, maka plat dianggap hanya bekerja pada satu arah. Plat struktur satu arah didefinisikan sebagai plat yang didukung oleh kedua tepi yang berhadapan hingga lenturan yang timbul hanya dalam satu arah saja.

Satu satuan lajur plat yang membentang diantara kedua tumpuan dianggap sebagai balok dengan lebar satu satuan dan tinggi  $h$  sesuai dengan tebal plat tersebut. Pembebanan disesuaikan dengan menjadi beban per satuan panjang lajur plat, dengan demikian gaya momen yang timbul merupakan gaya per lebar satuan plat. Pemasangan tulangan lentur sesuai dengan kelengkungan dan momen pada suatu balok yang membentang diantara dua tumpuan.

Beton menyusut ketika adukan semen mengeras. Penyusutan tersebut dapat diperkecil dengan memakai beton berkadar air rendah dengan tetap memperhatikan kelecakan, kekuatan beton yang direncanakan dan proses pembasahan (curing) setelah pengecoran. Beton akan mengalami tegangan susut bila beton tidak mangalami kontraksi susut secara bebas. Perbedaan suhu relatif terhadap suhu pada saat pengecoran akan menimbulkan

efek yang serupa dengan penyusutan. Tegangan susut dan tegangan temperatur pada beton dapat menimbulkan retak. Retak dapat diperkecil dengan memberikan tulangan susut.

## TEORI BAJA

Ada 3 cara perhitungan yang dapat digunakan untuk merencanakan struktur baja,

1. Metode Elastis (ASD = *Allowable Stress Design*)
2. Metode Plastis (PD = *Plastic Design*)
3. Metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*)

Metode elastis menggunakan satu faktor keamanan (*factor of safety*), metode plastis menggunakan dua faktor beban (*load factor* = LF) untuk beban gravitasi LF = 1,7 dan beban sementara LF = 1,7.

Sedangkan metode LRFD menggunakan ketidaksamaan sebagai berikut:

$$\sum_i^w \gamma_i Q_i \leq \phi R_n \quad (1)$$

Semua beban Q dikalikan dengan faktor beban, g, dan semua tahanan R di-kalikan dengan faktor tahanan, f. Peraturan baja yang baru menggunakan sistim LRFD.

## DATA FISIK

Hasil Mutu beton yang didapatkan dari menggunakan pengukuran kuat tekan non destruktif test, menghasilkan rata-rata K-350 ( $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ ). Pengujian dilaksanakan pemilihan secara acak elemen konstruksi di sekitar perubahan konstruksi Aulanya.



Gambar Tulangan Balok Balkon (Cantilever)

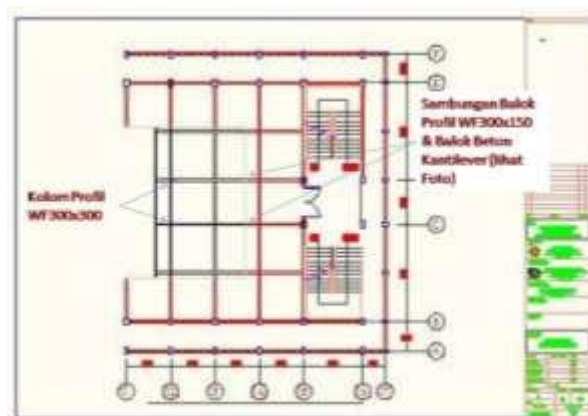
Hasil Pemeriksaan jumlah tulangan / pembesian terpasang untuk Balok Kantilever mempunyai tulangan atas sebanyak 6D32, dan tulangan bawah 5D32 dengan bentuk balok kantilever sepanjang 3 m. Dimensi balok kantilever adalah 20 x 40 cm<sup>2</sup>. Hasil

pemeriksaan Tulangan Kolom adalah didasarkan dari Tulangan Kolom yang ditinjau dari lantai dasar yang menembus ke lantai Aula dengan cara diketrik (dikupas) untuk meninjau jumlah tulangannya. Hasilnya Tulangan Kolom adalah berjumlah 8D32 ditambah “tulangan ekstra” 4D16.

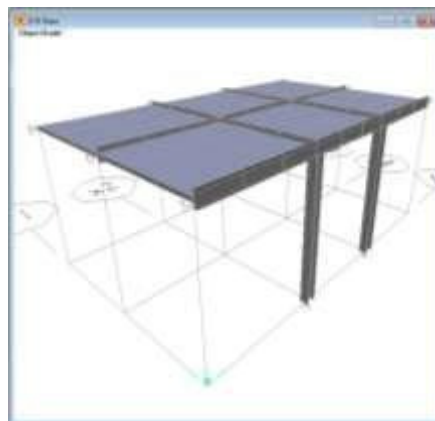
## PERANCANGAN

Tahap perancangan adalah dimulai dari Desain konstruksi tambahan lantai yang nantinya akan membebani konstruksi eksisting. Konstruksi ini didesain dengan material konstruksi baja, seperti diuraikan sebelumnya agar beban tersebut lebih ringan mengingat berat jenis baja lebih ringan dibandingkan beton bertulang.

Perletakan diasumsikan kondisi sendi (bukan terjepit). Asumsi dasarnya adalah input data primer hasil dari uji fisik bangunan eksisting, kemudian dilanjutkan dengan modelisasi konstruksi Balok Kantilever tersebut.



Gambar 3. Denah Konstruksi Tambahan yang terhubung dengan kantilever balkon



Gambar 4. Modelisasi Lantai Tambahan yang terhubung dengan kantilever balkon

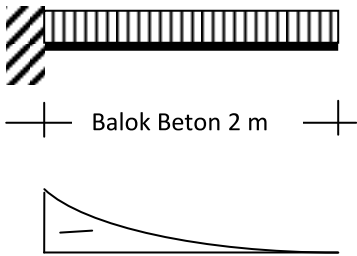
## HASIL ANALISIS

Elemen Balok Kantilever Balkon eksisting sulit diangkur, bila di sisi depan dibuatkan sambungan, maka dibuat ide dengan Sambungan Sarung. Sambungan Sarung yang dimaksud adalah memberikan perkuatan sambungan antara konstruksi baja dan beton dari momen puntir, momen lentur (walau dalam modelisasinya sendi), dan tarik. Filosofi dari konstruksi seperti Gambar 3 dan 4 tersebut, adalah memiliki dampak tarik pada sambungan akibat dari beban vertikal maupun beban horisontal gempa.

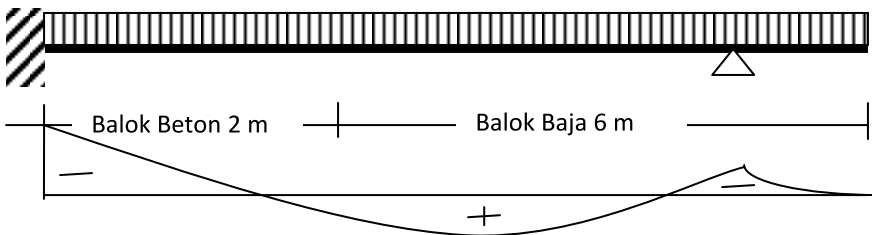
Hasil hitungan tersebut menunjukkan bahwa, harus ditinjau sebagai sebelum dilakukan penyambungan untuk selanjutnya disebut sebagai Konstruksi eksisting dan pasca penyambungan dengan Kontruksi baja.

Ide dasar:

Kondisi Eksisting



Pasca penambahan Konstruksi Portal Baja



Gambar 5. Eksisting dan pasca penyambungan dengan ilustrasi Mekanika Teknik

**Perencanaan Sambungan**

**joint 1**

**Gaya dalam yang terjadi**

M := 1360kgf.m

D := 1083kgf

N<sub>w</sub> := 194kgf

Material                      Jarak Baut  
 tpelat := 11mm              2.5·φbaut < S < 7·φbaut  
 φbaut := 22mm              1.5·φbaut < S1 < 3·φbaut  
 Fy := 380MPa

$\sigma_{izin} := \frac{Fy}{1.5}$      $\sigma_{ta} := 0.75 \cdot \sigma_{izin}$      $\tau_{izin} := 0.6 \cdot \sigma_{izin}$

Smin := 2.5·φbaut              Smin = 0.055 m              Ditaksir  
 Smax := 7·φbaut              Smax = 0.154 m              nbaut := 6  
 S1min := 1.5·φbaut              S1min = 0.033 m  
 S1max := 3·φbaut              S1max = 0.066 m  
 a := 5cm                      d := 26.2cm  
 b := 12cm

$\bar{c} := 19.2\text{cm}$

$N1 := \frac{0.5 \cdot M \cdot d}{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}$

N1 = 1.427 × 10<sup>4</sup> N

$\sigma_{tarik1} := \frac{N1}{0.25 \cdot 3.14 \cdot \phi_{baut}^2}$

$\sigma_{tarik1} = 3.757 \times 10^7 \text{ Pa}$      $\sigma_{ta} = 1.9 \times 10^8 \text{ Pa}$     OK

$D1 := \frac{D}{nbaut}$               D1 = 1.77 × 10<sup>3</sup> N

$\tau_1 := \frac{D1}{0.25 \cdot 3.14 \cdot \phi_{baut}^2}$      $\tau_1 = 4.659 \times 10^6 \text{ Pa}$      $\tau_{izin} = 1.52 \times 10^8 \text{ Pa}$

**Cek Tegangan Tumpu**

$N_{tp} := \frac{D1}{(\phi_{baut} + 1\text{mm}) \cdot t_{pelat}}$      $N_{tp} = 6.996 \times 10^6 \text{ Pa}$      $Fy = 3.8 \times 10^8 \text{ Pa}$

$\sigma_{dil} := \sqrt{\sigma_{tarik1}^2 + (1.56 \cdot \tau_1^2)}$

$\sigma_{dil} = 3.801 \times 10^7 \text{ Pa}$      $\sigma_{izin} = 2.533 \times 10^8 \text{ Pa}$



**Base Plate Aula**

Reaksi Perletakan      dicoba dimensi base plate 400 mm x 400 mm

$R_x := 1324 \text{ kgf}$        $x := 40 \text{ cm}$

$R_z := 10000 \text{ kgf}$        $y := 40 \text{ cm}$

$A_{xy} := x \cdot y$        $F_y := 380 \text{ MPa}$

$A_{xy} = 0.16 \text{ m}^2$        $\sigma_{izin} := \frac{F_y}{1.5}$        $\sigma_{ta} := 0.75 \cdot \sigma_{izin}$        $\tau_{izin} := 0.6 \cdot \sigma_{izin}$

cek tegangan akibat gaya normal

$\sigma_{bs} := \frac{R_z}{A_{xy}}$

$\sigma_{bs} = 6.129 \times 10^5 \text{ Pa}$        $\sigma_{izin} = 2.533 \times 10^6 \text{ Pa}$       OK

Banyaknya angkur baut

$n := 3$        $K_c := 22.5 \text{ MPa}$

$\phi_{angkur} := 1.9 \text{ cm}$        $\sigma_h := \sqrt{K_c \cdot \text{MPa}}$        $\sigma_h = 4.743 \times 10^6 \text{ Pa}$

$L_i := 20 \cdot \phi_{angkur}$       Cek geser angkur baut

$L_i = 0.38 \text{ m}$        $V_n := \frac{R_x}{2 \cdot n}$

$V_n = 2.164 \times 10^3 \text{ N}$

$\tau_n := \frac{V_n}{0.25 \cdot 3.14 \cdot \phi_{angkur}^2}$

$\tau_n = 7.636 \times 10^6 \text{ Pa}$        $\tau_{izin} = 1.52 \times 10^6 \text{ Pa}$       OK



Gambar 6. Pemasangan di lapangan dari hasil analisa perhitungan



Gambar 7. Pemasangan di lapangan dari hasil analisa perhitungan

## KESIMPULAN

1. Untuk mengatasi kegagalan struktur akibat penggabungan Beton dan Baja, maka dibuat ide Sistem Sarung. Sistem Sarung adalah mengurangi efek tarik, geser dan puntir.
2. Muncul Sistem Sarung ini juga karena terdapat masalah dalam pemasangan angkur secara horisontal terhadap Balok Beton karena Balok tersebut memiliki tulangan yang relatif besar dan memenuhi penampang balok Beton tersebut.
3. Pemasangan ini jatuh pada Gaya Geser mendekati nol dan masih didaerah momen negatif yang artinya Tulangan Beton kantilever tersebut masih memiliki fungsinya untuk menerima momen negatif.

## PUSTAKA

1. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002**, 2002
2. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-1989**, 1989
3. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002**, 2002
4. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, PPIUG-1983**, 1983