

ANALISIS BEKISTING PADA PENGECORAN DINDING BUNKER GEDUNG IRADIATOR MERAH-PUTIH

Hasriyasti Saptowati
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir - BATAN
Gedung 71 Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan 15314
Email: yesti@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS BEKISTING PADA PENGECORAN DINDING BUNKER GEDUNG IRADIATOR MERAH-PUTIH, Bekisting merupakan struktur yang non permanen yang berfungsi untuk menahan beban beton (beban sendiri atau disebut beban mati) dan beban hidup bangunan. Beton dinding bunker ini sangat memerlukan ketelitian yang tinggi karena fungsi dinding bunker sebagai shielding dari sumber cobalt (Co-60). Perihal yang harus diperhatikan pada pengecoran supaya berjalan dengan lancar yaitu, waktu, jarak tempuh truk molen, banyaknya volume beton yang diperlukan dan kekuatan bekisting serta metode pekerjaannya. Bekisting sangat berpengaruh dalam menentukan bentuk dan beban konstruksi yang terjadi, sehingga harus dipastikan kekuatannya untuk memikul beban beton tersebut. Untuk itu dipilih jenis bekisting dan metode pekerjaan pemasangan yang paling meminimalisasi kemungkinan kebocoran radiasi. Untuk menahan kekuatan beton selama proses pengecoran, panel bekisting harus disuport antara lain menggunakan adj brace dan adj kicker av. Bekisting yang baik adalah yang mempunyai nilai lendutan lebih kecil dari lendutan yang diijinkan. Lendutan ini terjadi karena kemampuan atau kekuatan dari bekisting untuk menahan beban beton dan beban konstruksi. Kesimpulannya kekuatan bekisting sangat menentukan untuk mendapatkan dimensi dan bentuk beton yang akurat sehingga nilai kekuatan beton K350 dengan densitas 2.35 t/m^3 yang diinginkan tercapai.

Kata kunci: beton, bekisting, pengecoran, beban, lendutan.

ABSTRACT

FORMWORK ANALISYS ON THE SHIELDING MOULDING OF MERAH-PUTIH IRADIATOR BUILDING, Formwork is a non permanent structure that is used to contain the weight of the concrete (LD) and to contain the live load (LL) of the building. This concrete wall really needs high precision because this wall will be utilized as a shield to contain the source of cobalt (Co-60). The things that need to be considered to be successful during the moulding process are the time, the distance, the volume of the concrete, and the strength of the formwork as well as the methods to be used. Formwork really determined the shape and the weight of construction, then we have to make sure that the strength of the formwork is enough to hold the weight of the construction. For that matters we need to choose the type of the formwork and the assembly method so that it could minimize the the radiation leaks. To hold the concrete during the moulding process, the formwork must be supported by adj brace and adj kicker av. A good formwork is the formwork which has a lower displacement value than the its allowed deflection value. This displacement happen is because of the strength of the formwork to hold the weight of the concrete and the construction. The conclusion is that the strength of the formwork is really crucial to get an accurate dimension of the concrete, so the concrete will have K350 concrete strength value and $2,35 \text{ t/m}^3$ density.

Key Words: concrete, formwork, moulding, load, displacement

1. PENDAHULUAN

Iradiator gamma Merah-Putih yang dibangun di kawasan Puspippek Serpong Tangerang-Selatan menggunakan Cobalt (Co-60) 2 MCi sebagai sumber radiasi gamma nya. Bunker merupakan bangunan yang paling penting pada Gedung Iradiator tersebut, di dalam bunker inilah semua proses iradiasi dilakukan. Ruang bunker mempunyai dimensi luas 22,40 m dikali 16,80 m dengan ketinggian 10,80 m. Dinding bunker gedung Iradiator memiliki dua lapis dimana lapis pertama atau lapisan bagian dalam mempunyai ketebalan 2,0 m sampai ketinggian 5,80 m dan lapisan kedua atau lapisan badien luar 1,00 m dan 1,50 m dari level 5,80 m sampai level 10,80 m. Dengan ketebalan dan ketinggian tersebut dibutuhkan volume beton yang sangat banyak. Total volume beton yang dibutuhkan untuk pengecoran bunker $\pm 2500 \text{ m}^3$, dengan menggunakan beton 30 mPa. Semua pengecoran beton memerlukan bekisting untuk menahan volume beton cair dari basah hingga mengeras, karena itu bentuk beton akan mengikuti bentuk bekisting bagian dalam. Dapat dibayangkan kekuatan beton tersebut yang harus ditanggung oleh bekisting. Pekerjaan pengecoran tidak dapat dilakukan sekaligus atau terus menerus, yang dapat mengakibatkan rusaknya bekisting sehingga volume beton akan meluas kesamping kanan maupun kiri. Hal ini disebabkan ketidak mampuan bekisting menahan volume beton. Maka pengecoran dilakukan secara bertahap disesuaikan dengan kekuatan bekisting penahannya.

Beton dinding bunker ini sangat memerlukan ketelitian yang tinggi karena fungsi dinding bunker yang sebagai shielding dari sumber cobalt (Co-60) meliputi, waktu, jarak tempuh, banyaknya volume beton dan kekuatan bekisting serta metode pekerjaannya. Bekisting yang baik adalah yang mempunyai nilai lendutan lebih kecil dari lendutan yang diijinkan^[1] dimana lendutan ini terjadi karena kekuatan menahan beban beton dan beban konstruksi, sehingga proses pengecoran berjalan dengan lancar sesuai dengan dimensi dan bentuk serta nilai karakteristik (K) beton yang diinginkan. Dalam makalah ini akan dianalisis bekisting pada pengecoran dinding bunker tersebut.

2. TEORI

Bekisting merupakan struktur yang non permanen yang berfungsi untuk menahan beban beton (beban sendiri atau disebut beban mati) dan beban hidup bangunan. Bekisting berpengaruh besar dalam menentukan bentuk dan beban konstruksi yang dibuat sehingga wajib dipastikan kekuatannya untuk memikul beban beton, yaitu: ^[2]

1. Beban vertical
2. Beban system
3. Beban spesi
4. Beban tulangan
5. Beban kerja

Fungsi dari bekisting antara lain:

1. Sebagai cetakan untuk membentuk beton
2. Penahan cor-coran beton
3. Berperan penting dalam mendukung kelancaran proses pekerjaan pengecoran.

Syarat bekisting: ^[2]

1. Tahan terhadap beban beton
2. Tahan terhadap getaran vibrator baik didalam maupun di luar.
3. Tidak bocor
4. Kedap air
5. Mudah dibongkar

Bekisting yang baik memiliki kekuatan setara dengan beban yang akan ditopang. Kekuatan yang dimaksud mampu menjaga tingkat kestabilan selama proses pengecoran maupun setelah selesai pengecoran atau selama proses pengerasan beton^[3]. Dengan demikian pembangunan konstruksipun dapat berjalan lancar sesuai rencana dan mempunyai resiko yang rendah.

Bentuk dari bekisting harus sedemikian rupa sesuai dengan konstruksi beton yang diinginkan. Kerataan dan ketegakkan bekisting juga harus diperhatikan. Bekisting yang baik selalu memiliki tingkat kerataan yang kokoh. Bekisting juga harus tahan terhadap kekuatan getar dari vibrator supaya tidak ada rongga yang terjadi di beton sehingga karakteristik beton terpenuhi (K 350) atau 35 MPa dengan berat jenis atau densitas 2,35 t/m³. Kuatnya bangunan tak hanya bergantung pada konstruksi beton yang baik, tetapi juga dalam pembuatan bekisting saat pengerjaan bangunan. Meskipun bersifat sementara, pembuatan bekisting harus benar dan tepat supaya diperoleh bangunan yang berkualitas.

Persyaratan selanjutnya yaitu pemasangan bekisting harus serapat mungkin sehingga tidak bocor atau air yang terkandung di dalam mix beton tidak mengalir keluar^[3], sehingga dimensi beton sesuai dengan yang diinginkan dan akurat. Selain itu material yang digunakan pada penggunaan bekisting harus bersifat kedap air supaya bekisting tidak menyerap air yang dikandung didalam beton^[4]. Hal ini memungkinkan pada saat bekisting dilepas sangat mudah dan tidak ada yang menempel di bekisting, sehingga permukaan beton akan mulus.

Karena bekisting merupakan struktur non permanen jadi setelah beton mengeras, bekisting harus mudah dibongkar tanpa merusak beton yang telah keras dengan tidak mengurangi dimensi maupun bentuk beton.

Untuk membuat dimensi beton sesuai dengan diinginkan maka kekuatan atau kekokohan bekisting dilihat dari nilai lendutannya yang tidak boleh melebihi nilai ijinnya yaitu dengan rumus berikut ini.

$$\tau = \frac{S}{I.b} \dots\dots\dots(1)^{[5]}$$

dimana:
I = momen inersia
T = tegangan geser

$$\sigma = \frac{M}{W} \dots\dots\dots(2)^{[5]}$$

dimana:
M = momen
 σ = tegangan

$$\Delta = \frac{\ell_1}{\ell_2} \dots\dots\dots(3)^{[1]}$$

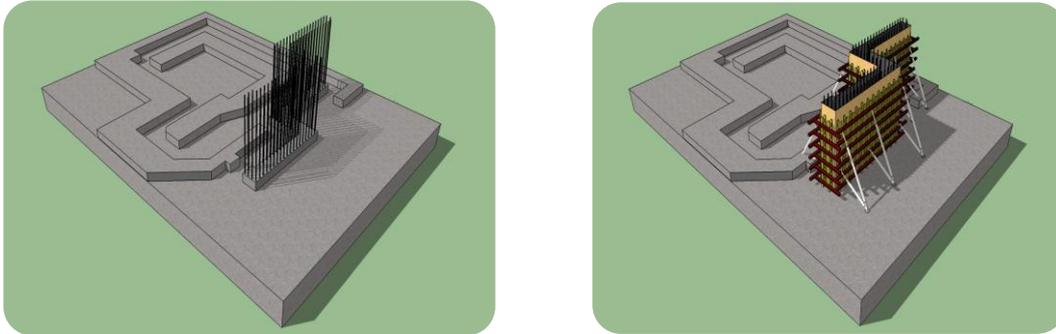
Dimana:
 Δ = lendutan
 ℓ = bentang

3. METODE PELAKSANAAN

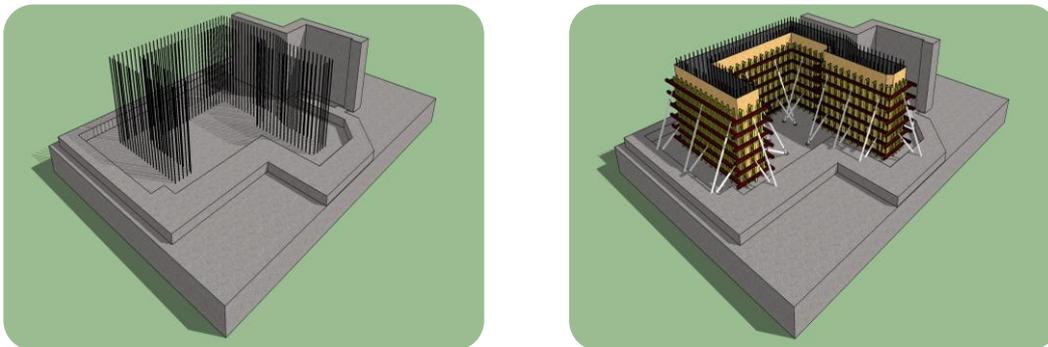
Untuk dinding shielding beton karena dimensinya sangat besar maka diperlukan perlakuan pemasangan bekisting baja yang sangat kuat. Pemasangan bekisting baja dilakukan bertahap, dimana tahap pertama dilakukan pemasangan setengah panel dengan menggunakan bantuan mobil crane. Bekisting ini ditempatkan pada marking yang telah dibuat dan disetujui. Panel diperkuat dengan support adj. brace dan adj. kicker av. Tahap kedua pelaksanaan pemasangan bekisting baja pada panel

setengahnya lagi yaitu panel kedua, panel ini juga diperkuat dengan adj. brace dan adj. kicker av. Panel ditegakkan dengan menyetel adj brace dan adj kicker av. Tahap berikutnya pengecekan ketegakan panel.

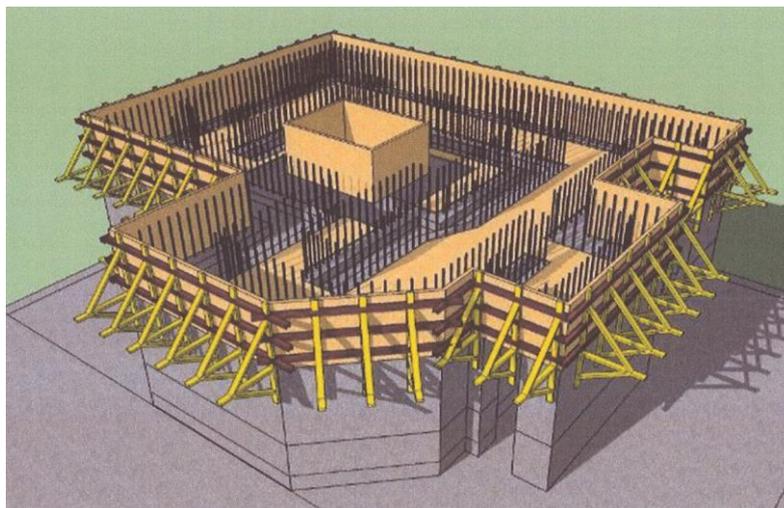
Simulasi pemasangan bekisting untuk pengecoran dinding bunker:



Gambar 1. Pemasangan Bekisting pada Dinding Bunker Luar^[6].



Gambar 2. Gambar Pemasangan Bekisting Dinding Bunker Dalam^[6].

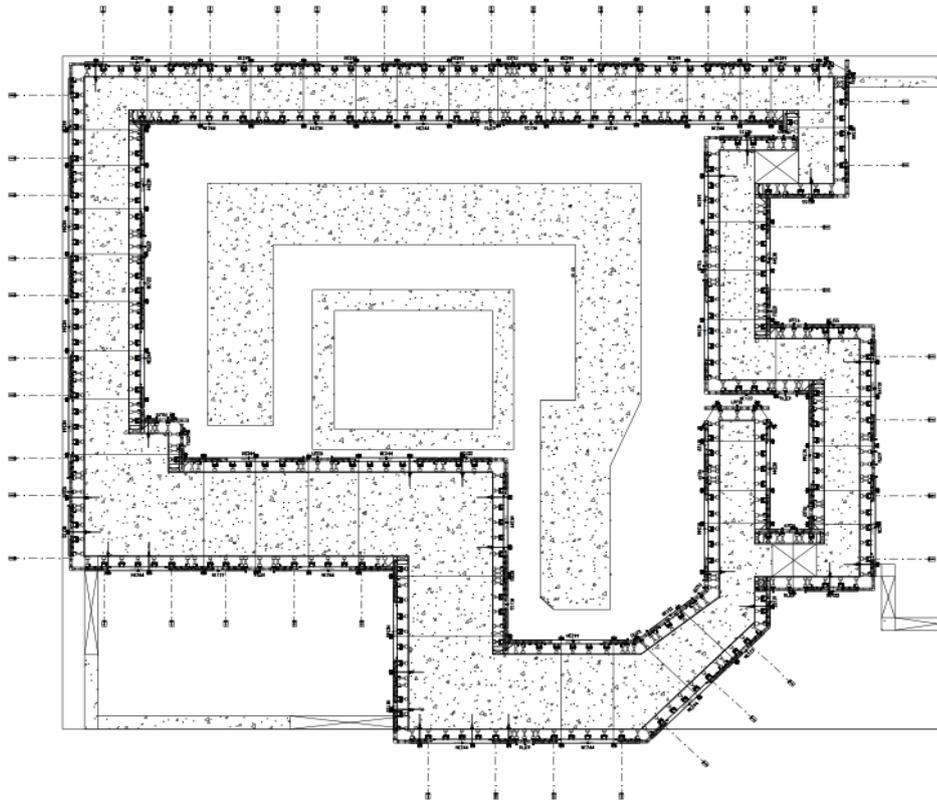


Gambar 3. Gambar Pemasangan Bekisting Level 5.80 m^[6].

Bekisting yang digunakan meliputi:

1. Triplek Penolith 18 mm
2. Girer GT24
3. Steel Waller
4. Tie Rod

4. PEMBAHASAN



Gambar 4. Gambar Lay out Bekisting Pada Bunker.

Analisa lendutan dihitung menggunakan Staad Pro 2004

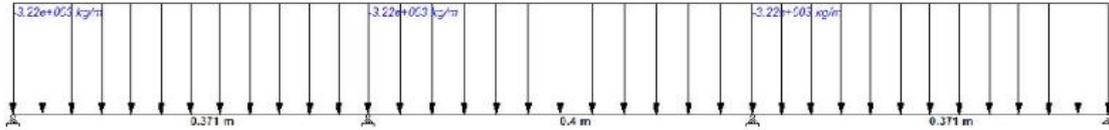
1. Triplek/plywood 18 mm
 $b = 100 \text{ cm}$
 $A_x = 180 \text{ cm}^2$
 $I_x = 48.60 \text{ cm}^4$
 $W_x = 54 \text{ cm}^3$
 $S_x = 40.50 \text{ cm}^3$
 $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$
 $\Delta_{ijin} = L/400$
 $\sigma_{ijin} = 100 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_{ijin} = 12 \text{ kg/cm}^2$
2. Girder GT24
 $b = 8 \text{ cm}$
 $A_x = 24 \text{ cm}^2$
 $I_x = 8000 \text{ cm}^4$
 $W_x = 700 \text{ cm}^3$
 $S_x = 525 \text{ cm}^3$
 $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$
 $\Delta_{ijin} = L/500$
 $\sigma_{ijin} = 100 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_{ijin} = 12 \text{ kg/cm}^2$
3. Steel Waler SRZ
 $t_b = 0.9 \text{ cm}$
 $A_x = 23 \text{ cm}^2$
 $I_x = 372 \text{ cm}^4$
 $W_x = 74 \text{ cm}^3$
 $S_x = 43.38 \text{ cm}^3$
 $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$
 $\Delta_{max} = L/360$
 $E = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_{ijin} = 928 \text{ kg/cm}^2$

KONTROL PLYWOOD 18 mm:

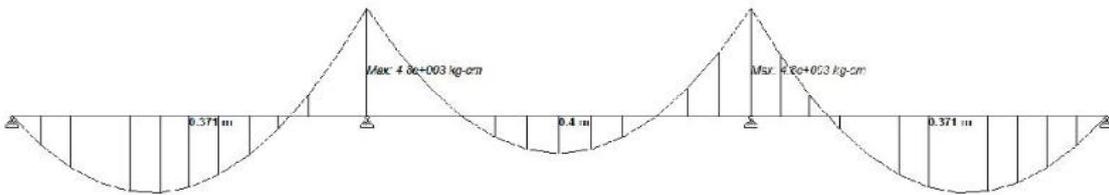
Properties of Plywood 18 mm (per m), Kayu Kelas Kuat II

$$q = 3,220 \text{ kg/m}^2 \times 1.00 \text{ m} = 3,220 \text{ kg/m}^2$$

Based on STAAD.Pro 2004 calculation :



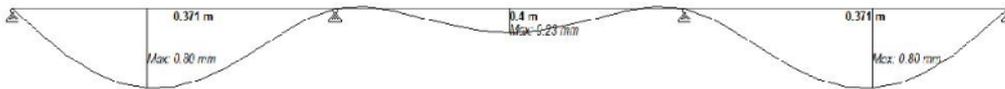
LOAD & SUPP. REACTION



BENDING MOMENT



SHEAR FORCE



DISPLACEMENT

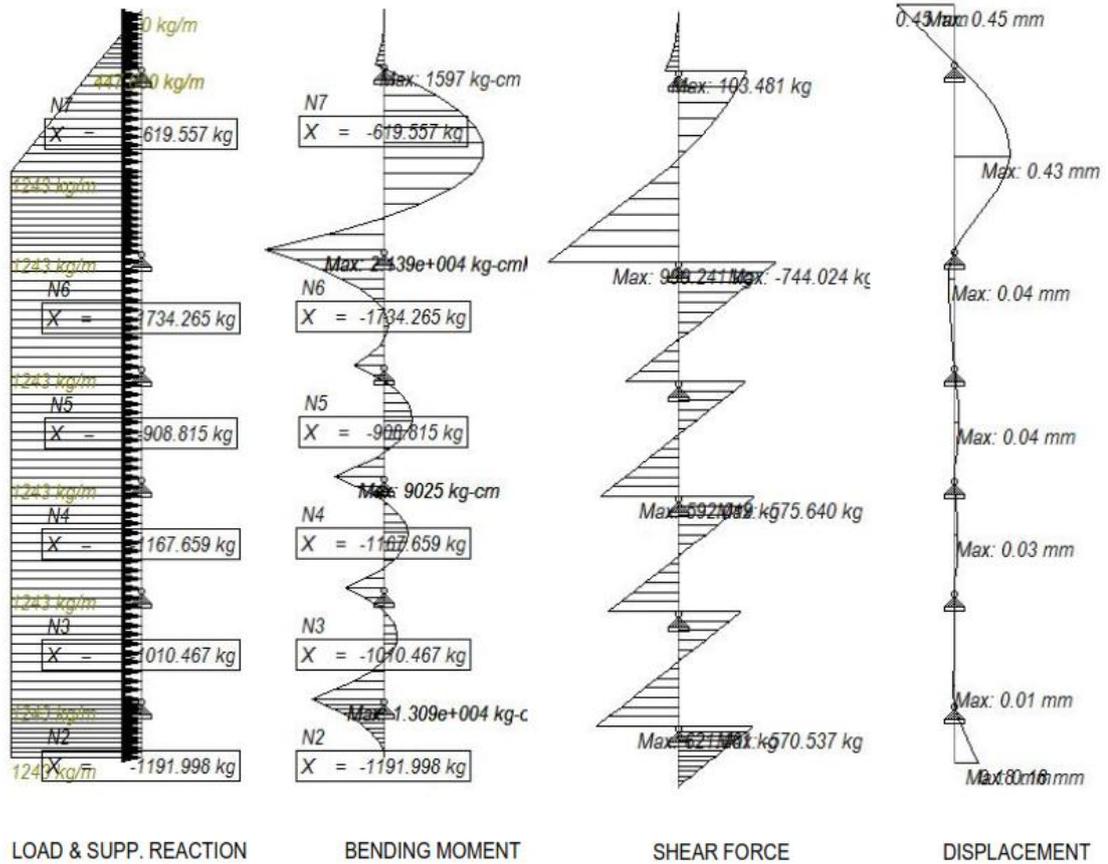
$M_{max} =$	4,800	kg-cm	$D_{max} =$	725.8	kg	$\Delta_{max} =$	0.8	mm
$\sigma_{max} =$	$\frac{M_{max}}{W}$	$= \frac{4,800 \text{ kg-cm}}{54 \text{ cm}^3}$	$=$	88.89	kg/cm ²	$<$	100	kg/cm ² ... -ok-
$\tau_{max} =$	$\frac{D_{max} \times S}{I \times b}$	$= \frac{725.8 \text{ kg} \times 40.5 \text{ cm}^2}{48.6 \text{ cm}^4 \times 100 \text{ cm}}$	$=$	6.05	kg/cm ²	$<$	12	kg/cm ² ... -ok-
$\Delta_{max} =$			$=$	0.8	mm	$<$	$\frac{371}{400} = 0.93$	mm ... -ok-

KONTROL GIRDER GT-24

Beban Max:

Jarak antar Girder GT-24 = 0.386 m

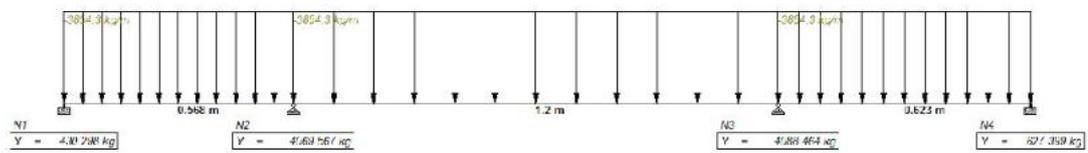
$$Q = 3,220 \text{ kg/cm}^2 \times 0,386 \text{ m} = 1,242 \text{ kg/m}^2$$



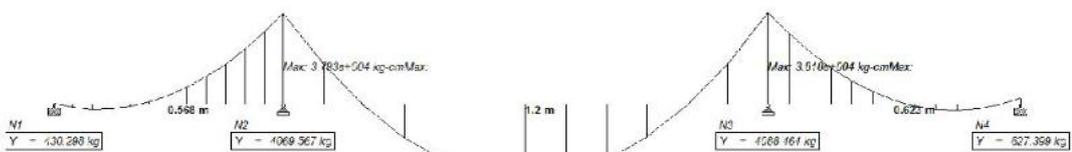
Mmax = 21,390 kg.cm	Dmax = 990.24 kg	Δmax = 0.43 mm
Mmax = 21,390 kg.cm	< 70,000 kg.cm - ok -
Dmax = 990.24 kg	< 1,400 kg - ok -
Δmax = 0.43 mm	< 1,480/500 = 2.96 mm - ok -

KONTROL STEEL WALER

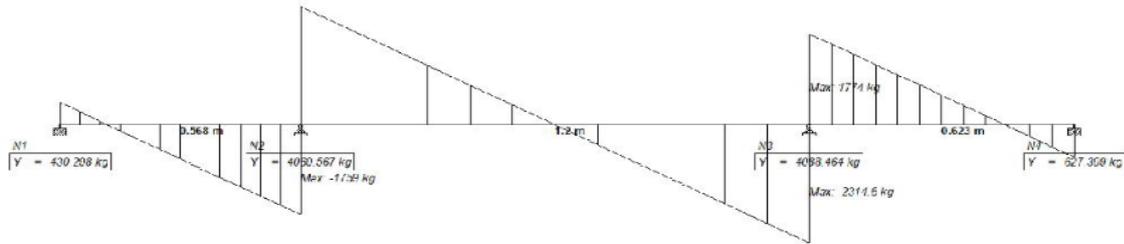
$q = 3,220 \text{ kg/m}^2 \times 1.197 \text{ m} = 3,854.34 \text{ kg/m}^2$
Based on STAAD.Pro 2004 calculation :



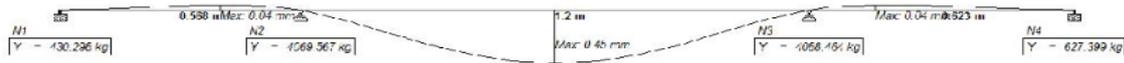
LOAD & SUPP. REACTION



BENDING MOMENT



SHEAR FORCE



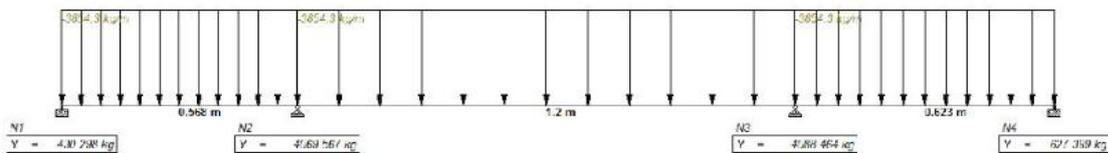
DISPLACEMENT

$M_{max} = 38,180 \text{ kg-cm}$ $D_{max} = 2,315 \text{ kg}$ $\Delta_{max} = 0.45 \text{ mm}$

$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{38,180 \text{ kg-cm}}{74.38 \text{ cm}^3} = 513 \text{ kg/cm}^2 < 1,600 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{-ok-}$
$\tau_{max} = \frac{D_{max} \times S}{I \times b} = \frac{2,315 \text{ kg} \times 43.38 \text{ cm}^2}{372 \text{ cm}^4 \times 0.9 \text{ cm}} = 299.95 \text{ kg/cm}^2 < 928 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{-ok-}$
$\Delta_{max} = 0.45 \text{ mm} < \frac{1,200/360}{=3.33} \text{ mm} \dots \text{-ok-}$

KONTROL TIE ROD

Reaction from Steel wale to Tie rod, $P_{max} = 4,543 \text{ kg}$
 Based on **STAAD.Pro 2004** calculation :



Tie Rod DW 15

Yield Strength = $478 \text{ N/mm}^2 = 6,932 \text{ kg/cm}^2$ (hasil tes)

Tensile Strength = $756 \text{ N/mm}^2 = 8,134 \text{ kg/cm}^2$ (hasil tes)

Tegangan Ijin

Tegangan leleh (σ) = $6,932 \text{ kg/cm}^2$

Safety Faktor = 1,5

$$\text{Tegangan Ijin } (\bar{\sigma}) = \frac{\sigma}{1,5} = 4,621.33 \text{ kg/cm}^2$$

Luas Penampang Tie Rod DW 15

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 1/4 \pi d^2 \\ &= 1/4 \times 3.14 \times 1.5^2 \\ &= 1.77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Beban Ijin:

Tegangan Ijin

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

$$P_{\text{ijin}} = 1.77 \text{ cm}^2 \times 4,621.33 \text{ kg/cm}^2 \\ = 8,179.75 \text{ kg.}$$

Beban Hancur:

Tegangan Hancur

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

$$P_{\text{hancur}} = 1.77 \text{ cm}^2 \times 8,134 \text{ kg/cm}^2 \\ = 14,397.18 \text{ kg.}$$

Gaya Tarik pada *Tie Rod*:

$$T_{\text{max}} = 4,089 \text{ kg} < \text{ijin} = 8,179.75 \text{ kg}$$

5. KESIMPULAN

- Sebelum dilakukan pengecoran, bekisting harus kuat menahan volume beton yang besar, untuk ini diperlukan support dengan adj. brace dan adj. kicker av. Untuk memperkuat panel.
- Pengecoran harus memperhatikan waktu dan jarak lokasi proyek dari tempat pembuatan beton *mix* sehingga terhindar dari beton yang telah mengeras tidak memenuhi persyaratan *slump test*.
- Kuatnya bangunan tak hanya bergantung pada konstruksi beton yang baik, tetapi juga dalam pembuatan bekisting saat pengerjaan pengecoran harus baik dan tepat untuk memperoleh bentuk bangunan yang berkualitas.
- Alat vibrator atau galah besi sebagai penggetar batu split sebagai campuran beton harus selalu siap sehingga beton mengisi ruang dibawahnya supaya tidak ada ruang kosong yang mengakibatkan kebocoran paparan radiasi.
- Gaya Tarik pada *Tie Rod* memenuhi persyaratan yaitu:
 $T_{\text{max}} = 4,089 \text{ kg} < \text{ijin} = 8,179.75 \text{ kg}$
- Nilai lendutan max, adalah:
 $\Delta = 0.45 \text{ mm} < \text{ijin} = 3.33 \text{ mm}$

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] NI-2 (1971) Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Indonesia.
- [2] Peraturan Standard Beton 1991 (SK.SNI T-15-1991-03)
- [3] NI-8 (1974) Peraturan Semen Portland Indonesia.
- [4] NI-3 (1970) Peraturan Umum untuk Bahan Bangunan di Indonesia.
- [5] ACI (347-*formwork*), USA
- [6] Laporan Pelaksanaan Pengecoran Bunker, PT. Adhi Karya (Persero) Tbk, Indonesia, 2016.