

PERENCANAAN BEKISTING BETON UNTUK MENGHASILKAN KUALITAS PERMUKAAN BETON YANG MAKSIMAL

ABSTRAK

Di dunia konstruksi saat ini, pekerjaan beton menjadi item pekerjaan utama yang dilakukan. Item pekerjaan beton selalu ada baik beton kualitas rendah maupun tinggi. Perencanaan bekisting sering kali dilewatkan dan kurang mendapat perhatian sehingga menyebabkan hasil pengecoran beton kurang maksimal. Maka dari itu diperlukan perencanaan perkuatan bekisting sehingga dalam pekerjaan pengecoran beton dapat menghasilkan kualitas yang maksimal. Dengan menggunakan metode *Australian Standard* dan diterapkan pada Proyek Irigasi Slinga yang Dibangun (Tahap II) pada item pekerjaan saluran irigasi, dengan menggunakan bahan plywood tebal 12,7 mm dan rangka perkuatan hollow ukuran 50x50x1,6 mm didapatkan hasil perhitungan untuk bekisting dinding saluran pada bagian Sheathing Support Span memiliki jarak maksimum 410 mm, Stud Support Span memiliki jarak maksimum 530 mm, dan Double Wales Support Span memiliki jarak maksimum 670 mm. Untuk bekisting plat lantai, Sheathing Support Span memiliki jarak maksimal 720 mm, Joist memiliki jarak maksimal 1000 mm, Stringer memiliki jarak maksimal 930 mm, dan Shore Spacing memiliki jarak maksimal 900 mm.

Kata kunci: Beton, bekisting, plywood, hollow

Klasifikasi JEL: C38, C83, C93, R32

PENDAHULUAN

Pekerjaan konstruksi telah dilakukan oleh manusia dari zaman Mesopotamia sekitar 3200 SM. Pada zaman Mesopotamia, manusia purba mulai beralih dari kehidupan nomaden menjadi menetap dan membangun peradaban. Pada zaman Mesopotamia, manusia mulai membangun tempat tinggal menggunakan susunan batu (Adel, 2023).

Seiring dengan berkembangnya waktu, dunia konstruksi juga mengalami perkembangan dari material yang digunakan, tetapi material utama dari konstruksi tetap mempertahankan seperti aslinya menggunakan material batu. Namun, dengan semakin beragam bentuk bangunan yang

dibangun oleh manusia, penggunaan material batu semakin sulit untuk diterapkan karena tingkat kesulitan untuk memproses atau membentuk batu sesuai dengan yang manusia inginkan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengembangan terhadap material konstruksi yaitu menggunakan beton.

Pada pekerjaan konstruksi saat ini, penggunaan material beton menjadi item pekerjaan yang selalu ada dan digunakan pada sebagian besar pekerjaan konstruksi. Penggunaan material beton ditujukan sebagai bahan material yang menyerupai batu tetapi dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Tetapi dalam membentuk beton agar sesuai dengan keinginan manusia membutuhkan cetakan dikarenakan bentuk awal beton adalah benda cair berisi agregat. Cetakan beton juga dapat disebut sebagai bekisting.

Dalam membuat bekisting beton harus berdasarkan perencanaan yang matang dikarenakan suatu beton sendiri memiliki rata-rata berat jenis 2.400 kg/m^3 , lebih berat daripada air dengan rata-rata berat jenis 1000 kg/m^3 . Bekisting beton harus dapat menahan berat beton saat masih dalam keadaan cair hingga beton mengeras dan dapat mempertahankan bentuknya sendiri.

LATAR BELAKANG

Material bekisting yang dapat digunakan di dunia konstruksi dapat berasal dari besi plat maupun kayu. Namun, dengan pertimbangan biaya dan efisiensi memindahkan material, material kayu lebih banyak digunakan sebagai bahan utama bekisting. Pada umumnya, material bekisting beton yang digunakan menggunakan material kayu lapis/plywood dengan permukaan halus atau phenolic film. Permukaan yang halus ditujukan untuk membuat permukaan beton menjadi halus dan mudah untuk dilepas. Selain itu, pada saat akan melakukan pengecoran beton, permukaan bekisting beton juga harus dilapisi oli sehingga beton tidak melekat pada bekisting.

Pembuatan bekisting beton tidaklah sederhana dengan menyusun plywood menyerupai bentuk bangunan yang kita inginkan. Bekisting yang telah dibentuk memerlukan perkuatan sehingga saat dilakukan pengecoran beton dan menunggu beton mengeras bentuk bekisting tetap dapat bertahan sesuai dengan yang sudah dibentuk di awal. Terdapat banyak metode yang digunakan dalam perkuatan bekisting, seperti perkuatan menggunakan balok kayu atau dengan besi hollow. Namun, dengan pertimbangan ketahanan, kekuatan, dan kemudahan dalam

membentuk, perkuatan bekisting menggunakan hollow lebih banyak dipilih dikarenakan material hollow dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.

Dalam pembuatan bekisting beton harus memperhitungkan keefektifan dan efisiensi bahan sehingga dalam pembelanjaan dan penggunaan material tidak ditemukan pemborosan anggaran ataupun material. Perencanaan bekisting perlu dilakukan secara baik dan benar dikarenakan kontrak item pekerjaan bekisting yang dibayarkan oleh owner ke kontraktor merupakan material terpasang, bukan material terbeli. Pada dunia konstruksi saat ini, jarang sekali ditemukan perencanaan bekisting yang dilakukan oleh pihak kontraktor dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Pihak kontraktor cenderung menyerahkan pekerjaan bekisting kepada subkontraktor tanpa mengetahui kekuatan rangka bekisting. Pihak kontraktor lebih cenderung untuk terima jadi akan pekerjaan bekisting dan pengecoran beton. Karena hal tersebutlah maka ditulis artikel ini untuk lebih menambah wawasan dan pengawasan pihak kontraktor akan pentingnya pekerjaan bekisting yang direncanakan secara baik sehingga menghasilkan kualitas pengecoran yang maksimal.

METODE

Dalam perencanaan bekisting tentunya membutuhkan suatu metode yang telah teruji dan kompeten sehingga apa yang direncanakan bukan merupakan hasil percobaan dengan tingkat kegagalan tinggi. Terdapat banyak metode dalam merencanakan bekisting, namun dalam artikel ini metode yang dipakai berasal dari *Australian Standard*. Perencanaan pada *Australian Standard* didasarkan pada material penyusun bekisting yang dapat mengalami lendutan akibat dibebani oleh beton cair. Pada metode *Australian Standard* terdapat 3 faktor yang digunakan sebagai dasar perhitungan, yaitu ketahanan bengkokan (bending), geser (shear), dan defleksi (deflection). Dari ketiga faktor tersebut, faktor defleksi menjadi faktor utama dalam menyusun bekisting yang aman. Faktor defleksi menjadi faktor utama dikarenakan faktor defleksi pasti terjadi saat pekerjaan pengecoran dilakukan karena adanya beban di atas dan/atau di samping bekisting. Pada faktor defleksi, terdapat 3 nilai aman yang dapat digunakan, yaitu maksimal defleksi yang terjadi sejauh 5,56 mm; 4,17 mm; dan 2,78 mm.

Pada perhitungan perencanaan bekisting dengan metode *Australian Standard* diperlukan beberapa data properties material yang sesuai dengan penggunaannya di lapangan. Properties material tersebut terdiri dari material penyusun bekisting yaitu plywood dan hollow.

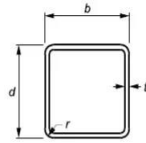
• Section Properties of Plywood

Thickness in. (mm)	Approximate Weight psf (kg/m ²)	Face Grain Across Supports			Face Grain Parallel to Supports		
		EI	F_bKS	$F_s/b/Q$	EI	F_bKS	$F_s/b/Q$
		$10^6 \frac{lb.in.^2}{ft}$	$10^3 \frac{lb.in.}{ft}$	$10^3 \frac{lb}{ft}$	$10^4 \frac{lb.in.^2}{ft}$	$10^3 \frac{lb.in.}{ft}$	$10^3 \frac{lb}{ft}$
		$10^9 \frac{kPamm^4}{m}$	$10^3 \frac{Nmm}{m}$	$10^3 \frac{N}{m}$	$10^9 \frac{kPamm^4}{m}$	$10^3 \frac{Nmm}{m}$	$10^3 \frac{N}{m}$
Plyform Class I							
1/2 (12.7)	1.5 (7.3)	0.116 (1087)	0.517 (191)	0.371 (5.41)	0.036 (339)	0.251 (93)	0.197 (2.88)
5/8 (15.9)	1.8 (8.8)	0.195 (1836)	0.691 (256)	0.412 (6.01)	0.057 (537)	0.338 (125)	0.223 (3.25)
3/4 (19.1)	2.2 (10.7)	0.298 (2810)	0.878 (326)	0.517 (7.55)	0.138 (1299)	0.591 (219)	0.293 (4.27)
7/8 (22.2)	2.6 (12.7)	0.444 (4180)	1.127 (418)	0.616 (8.99)	0.226 (2132)	0.814 (302)	0.434 (6.33)
1 (25.4)	3.0 (14.6)	0.641 (6030)	1.422 (527)	0.675 (9.85)	0.405 (3813)	1.224 (454)	0.505 (7.37)
1 1/8 (28.6)	3.3 (16.1)	0.831 (7824)	1.639 (607)	0.751 (10.96)	0.597 (5621)	1.542 (572)	0.606 (8.85)
Plyform Class II							
1/2 (12.7)	1.5 (7.3)	0.097 (918)	0.355 (132)	0.352 (5.14)	0.026 (245)	0.222 (82.3)	0.196 (2.87)
5/8 (15.9)	1.8 (8.8)	0.169 (1591)	0.475 (176)	0.403 (5.88)	0.042 (392)	0.299 (111)	0.221 (3.23)
3/4 (19.1)	2.2 (10.7)	0.257 (2423)	0.604 (224)	0.477 (6.97)	0.097 (918)	0.521 (193)	0.292 (4.25)
7/8 (22.2)	2.6 (12.7)	0.390 (3672)	0.786 (291)	0.575 (8.40)	0.160 (1505)	0.721 (267)	0.432 (6.30)
1 (25.4)	3.0 (14.6)	0.547 (5153)	1.003 (372)	0.620 (9.05)	0.286 (2693)	1.080 (400)	0.503 (7.34)
1 1/8 (28.6)	3.3 (16.1)	0.736 (6928)	1.156 (428)	0.689 (10.06)	0.420 (3953)	1.361 (504)	0.604 (8.81)
Plyform Structural I							
1/2 (12.7)	1.5 (7.3)	0.117 (1102)	0.523 (194)	0.501 (7.31)	0.043 (410)	0.344 (127)	0.278 (4.06)
5/8 (15.9)	1.8 (8.8)	0.196 (1850)	0.697 (258)	0.536 (7.83)	0.067 (636)	0.459 (170)	0.313 (4.57)
3/4 (19.1)	2.2 (10.7)	0.303 (2853)	0.896 (332)	0.631 (9.21)	0.162 (1525)	0.807 (299)	0.413 (6.02)
7/8 (22.2)	2.6 (12.7)	0.475 (4477)	1.208 (448)	0.769 (11.22)	0.268 (2528)	1.117 (414)	0.611 (8.92)
1 (25.4)	3.0 (14.6)	0.718 (6765)	1.596 (592)	0.814 (11.88)	0.481 (4533)	1.679 (622)	0.712 (10.39)
1 1/8 (28.6)	3.3 (16.1)	0.934 (8798)	1.843 (683)	0.902 (13.16)	0.711 (6694)	2.119 (785)	0.854 (12.47)

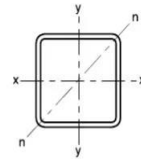
*All properties adjusted to account for reduced effectiveness of plies with grain perpendicular to applied stress. Stresses adjusted for wet conditions, load duration, and experience factors.

Gambar 1. Properties Plywood (Australian Standard)

TABLE 3.3(b)



DIMENSIONS AND PROPERTIES
DURAGAL® DUALGRADE® SQUARE HOLLOW SECTIONS
GRADE C450L0 (AS 1163)



DIMENSION AND RATIOS				PROPERTIES								PROPERTIES FOR DESIGN TO AS 4100				
Designation	Mass per m	External Surface Area		b-2t / t	Gross Section Area A _g	About x _c , y _c and n-axis					Torsion Constant J	Torsion Modulus C	Form Factor k _f	About x- and y- axis		
		per m	per t			I _x	Z _x	Z _n	S _x	r _x				λ _s	Compactness ⁽²⁾	Z _e
mm	kg/m	m ² /m	m ² /t		mm ²	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ³	10 ⁶ mm ³	10 ⁶ mm ²	mm	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ³			(C.N.S)	10 ⁶ mm ³
50 x 50 x 5.0 SHS	6.39	0.179	27.9	8.00	814	0.257	10.3	8.51	13.2	17.8	0.469	16.3	1.00	10.7	C	13.2
4.0 SHS	5.35	0.183	34.2	10.5	681	0.229	9.15	7.33	11.4	18.3	0.403	14.3	1.00	14.1	C	11.4
3.0 SHS	4.25	0.190	44.7	14.7	541	0.195	7.79	5.92	9.39	19.0	0.321	11.8	1.00	19.7	C	9.39
2.5 SHS	3.60	0.191	53.1	18.0	459	0.169	6.78	5.09	8.07	19.2	0.275	10.2	1.00	24.1	C	8.07
2.0 SHS	2.93	0.193	65.8	23.0	374	0.141	5.66	4.20	6.66	19.5	0.226	8.51	1.00	30.9	N	6.58
1.6 SHS	2.38	0.195	81.7	29.3	303	0.117	4.68	3.44	5.46	19.6	0.185	7.03	1.00	39.2	N	4.74
40 x 40 x 4.0 SHS	4.09	0.143	34.9	8.00	521	0.105	5.26	4.36	6.74	14.2	0.192	8.33	1.00	10.7	C	6.74
3.0 SHS	3.30	0.150	45.3	11.3	421	0.0932	4.66	3.61	5.72	14.9	0.158	7.07	1.00	15.2	C	5.72
2.5 SHS	2.82	0.151	53.7	14.0	359	0.0822	4.11	3.13	4.97	15.1	0.136	6.21	1.00	18.8	C	4.97
2.0 SHS	2.31	0.153	66.4	18.0	294	0.0694	3.47	2.61	4.13	15.4	0.113	5.23	1.00	24.1	C	4.13
1.6 SHS	1.88	0.155	82.3	23.0	239	0.0579	2.90	2.15	3.41	15.6	0.0927	4.36	1.00	30.9	N	3.37
35 x 35 x 3.0 SHS	2.83	0.130	45.8	9.67	361	0.0595	3.40	2.67	4.23	12.8	0.102	5.18	1.00	13.0	C	4.23
2.5 SHS	2.42	0.131	54.2	12.0	309	0.0529	3.02	2.33	3.69	13.1	0.0889	4.58	1.00	16.1	C	3.69
2.0 SHS	1.99	0.133	66.8	15.5	254	0.0451	2.58	1.95	3.09	13.3	0.0741	3.89	1.00	20.8	C	3.09
1.6 SHS	1.63	0.135	82.7	19.9	207	0.0379	2.16	1.62	2.57	13.5	0.0611	3.26	1.00	26.7	C	2.57
30 x 30 x 2.0 SHS	1.68	0.113	67.4	13.0	214	0.0272	1.81	1.39	2.21	11.3	0.0454	2.75	1.00	17.4	C	2.21
1.6 SHS	1.38	0.115	83.3	16.8	175	0.0231	1.54	1.16	1.84	11.5	0.0377	2.32	1.00	22.5	C	1.84
25 x 25 x 3.0 SHS	1.89	0.0897	47.4	6.33	241	0.0184	1.47	1.21	1.91	8.74	0.0333	2.27	1.00	8.50	C	1.91
2.5 SHS	1.64	0.0914	55.7	8.00	209	0.0169	1.35	1.08	1.71	8.99	0.0297	2.07	1.00	10.7	C	1.71
2.0 SHS	1.36	0.0931	68.3	10.5	174	0.0148	1.19	0.926	1.47	9.24	0.0253	1.80	1.00	14.1	C	1.47
1.6 SHS	1.12	0.0945	84.1	13.6	143	0.0128	1.02	0.780	1.24	9.44	0.0212	1.54	1.00	18.3	C	1.24
20 x 20 x 1.6 SHS	0.873	0.0745	85.4	10.5	111	0.00608	0.608	0.474	0.751	7.39	0.0103	0.924	1.00	14.1	C	0.751

NOTES: 1. This table is calculated in accordance with AS 4100 using design yield stress $f_y = 450$ MPa and design tensile strength $f_t = 500$ MPa as per AS 4100 table 2.1 for AS 1163 grade C450L0.
2. Grade C450L0 is cold formed and therefore is allocated the CF residual stresses classification in AS 4100.
3. C = Compact Section; N = Non-compact Section; S = Slender Section, as defined in AS 4100.
4. For SHS and RHS the outside corner radius r used in calculating the section properties is equal to 2t for sections with thickness $t \leq 3.0$ mm and 2.5t for sections with $t > 3.0$ mm.
5. DuraGal® DualGrade® C350L0/C450L0 hollow sections have a minimum yield stress of 450MPa ($f_y = 450$ MPa), a minimum tensile strength of 500MPa ($f_t = 500$ MPa) and a minimum elongation equal to 16%, i.e. the strength of AS 1163 grade C450L0 and the elongation of AS 1163 grade C350L0.

SHS

Gambar 2. Properties Besi Hollow (One Steel Market Mills)

Setelah menentukan material yang akan dipakai dalam pembuatan bekisting, dibutuhkan beberapa data lapangan sebagai data pendukung perhitungan perencanaan bekisting, seperti berat jenis beton, dimensi rencana beton, dan beban yang bekerja pada bekisting. Setelah semua data terkumpul, langkah selanjutnya adalah menghitung rangka bekisting.

1. Bekisting Dinding

Sheathing Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$l = 3,16 \left(\frac{F_b K S}{w} \right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$l = 1,67 \frac{F_s l b / Q}{w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{360}$
 $= 2,78 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{240}$
 $= 4,17 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{180}$
 $= 5,56 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$

Stud Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{360}$
 $= 2,78 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{240}$
 $= 4,17 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if \Delta = \frac{1}{180}$
 $= 5,56 \text{ mm}$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$$

Double Wales Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{240} \\ &= 4,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$$

2. Bekisting Plat Lantai

Sheathing Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = 3,16 \left(\frac{F_b KS}{w} \right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = 1,67 \frac{F_s lb / Q}{w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{360}$
 $= 2,78 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{240}$
 $= 4,17 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{180}$
 $= 5,56 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

Joist

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w}\right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{360}$
 $= 2,78 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{240}$
 $= 4,17 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{180}$
 $= 5,56 \text{ mm}$

Lendutan yang terjadi $= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

Stringer

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2}$$

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d$$

c. Cek Terhadap Lendutan

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{240} \\ &= 4,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Lendutan yang terjadi} = \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3}$$

Shore Spacing

a. Lendutan maksimal Shore Spacing

$$\frac{w \text{ Model Shore}}{w \text{ Model Stringger}}$$

HASIL

Dari metode yang telah dijelaskan pada bab “Metode”, langkah selanjutnya adalah menghitung perencanaan bekisting sehingga didapatkan jarak dari setiap rangka bekisting. Langkah perhitungan bekisting dilakukan sesuai dengan urutan yang tercantum pada bab “Metode”. Pada Proyek Irigasi Slinga yang Dibangun (Tahap II), bekisting di lapangan menggunakan plywood phenol laminated dengan ketebalan 12,7 mm dengan rangka hollow ukuran 50x50x1,6 mm. Mutu beton tertinggi yang dipakai ada beton dengan mutu K-225.

1. Bekisting Dinding

a. Beban Desain

- Berat isi beton bertulang = 2.310,00 kg/m³
- Tinggi dinding (1 segmen pengecoran) = 2,55 m
- Lebar Model = 0,25 m
- Panjang Model = 10,00 m
- Percepatan Gravitasi = 9,80 m/s²
- Tekanan Hidrostatik = 57.726,90 N/m²
- Beban Beton Bertulang per m² = 57,73 kPa
- Beban bekisting sendiri = 0,24 kPa
- Beban orang = 2,40 kPa
- Total beban desain = 60,37 kPa

b. Beban desain

$$= 60,37 \text{ kPa}$$
$$= 60,37 \text{ kN/m}^2$$

c. Jumlah span yang direncanakan

$$= \text{lebih dari 3}$$

d. Material yang digunakan

- Material = Plywood kelas 1
- Tebal = 12,70 mm
- FbKS (Across Support) = 191.000,00 kPa
- FbKS (Parallel Support) = 93.000,00 kPa
- Fslb/Q (Across Support) = 2.880,00 kPa
- EI (Across Support) = 10.887.000.000.000,00 kPa
- EI (Parallel Support) = 339.000.000.000,00 kPa

Sheathing Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$l = 3,16 \left(\frac{F_b KS}{w} \right)^{1/2}$$

- Across Support = 177,75 mm
= 170,00 mm
- Parallel Support = 124,03 mm
= 120,00 mm

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = 1,67 \frac{F_s lb / Q}{w} + 2d$$

- Across Support = 192,08 mm
= 190,00 mm
- Parallel Support = 122,09 mm
= 120,00 mm

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal = $if\Delta = \frac{1}{360}$
= 2,78 mm

Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Across Support = 416,96 mm
= 410,00 mm
- Parallel Support = 131,18 mm
= 130,00 mm

- Lendutan maksimal = $if\Delta = \frac{1}{240}$
= 4,17 mm

Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Across Support = 478,54 mm
= 470,00 mm
- Parallel Support = 150,55 mm
= 150,00 mm

- Lendutan maksimal = $if\Delta = \frac{1}{180}$
= 5,56 mm

Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$

- Across Support = 525,44 mm
= 520,00 mm
- Parallel Support = 165,30 mm
= 160,00 mm

d. Material Frame Single

- Material = Hollow 50x50x1,6 mm single
- 1 kg/cm^2 = 98,07 kPa
- 1 MPa = 1.000,00 kPa
- d (Tinggi) = 50,00 mm
- b (Lebar) = 50,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja) = 200.000.000,00 kPa
- I (Inersia) = 117.000,00 mm⁴
- w (Modelling) = 60,37 kPa
- EI = 23.400.000.000.000,00 kPa
- FB (baja) = 450.000,00 kPa
- A = 303,00 mm²

e. Material Frame Double

- Material = Hollow 50x50x1,6 mm double
- 1 kg/cm^2 = 98,07 kPa
- 1 MPa = 1.000,00 kPa
- d (Tinggi) = 100,00 mm
- b (Lebar) = 100,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja) = 400.000.000,00 kPa
- I (Inersia) = 234.000,00 mm⁴
- w (Modelling) = 60,37 kPa
- EI = 46.800.000.000.000,00 kPa
- FB (baja) = 900.000,00 kPa
- A = 606,00 mm²

Stud Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$\begin{aligned} \text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2} \\ &= 1.242,39 \text{ mm} \\ &= 1.200,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Cek Terhadap Geser

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d \\ &= 2.607,14 \text{ mm} \\ &= 2.600,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal

$$\begin{aligned} if \Delta &= \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 538,10 \text{ mm} \\ &= 530,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan maksimal

$$\begin{aligned} if \Delta &= \frac{1}{240} \\ &= 4,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 617,57 \text{ mm} \\ &= 610,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan maksimal

$$\begin{aligned} if \Delta &= \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 678,09 \text{ mm} \\ &= 670,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Double Wales Support Span

a. Cek Terhadap Bending

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2} \\ &= 4.969,54 \text{ mm} \\ &= 4.900,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Cek Terhadap Geser

Jarak aman maksimal

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{1,11 F_v A}{1000 w} + 2d \\ &= 10.228,58 \text{ mm} \\ &= 10.200,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{360}$
 $= 2,78 \text{ mm}$

Jarak aman maksimal $= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{EI}{w}\right)^{1/3}$
 $= 677,96 \text{ mm}$
 $= 670,00 \text{ mm}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{240}$
 $= 4,17 \text{ mm}$

Jarak aman maksimal $= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{EI}{w}\right)^{1/3}$
 $= 778,09 \text{ mm}$
 $= 770,00 \text{ mm}$

- Lendutan maksimal $= if\Delta = \frac{1}{180}$
 $= 5,56 \text{ mm}$

Jarak aman maksimal $= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{EI}{w}\right)^{1/3}$
 $= 854,34 \text{ mm}$
 $= 850,00 \text{ mm}$

2. Bekisting Plat Lantai

a. Beban Desain

- Berat isi beton bertulang $= 2.310,00 \text{ kg/m}^3$
- Tebal Plat (1 segmen pengecoran) $= 0,30 \text{ m}$
- Lebar Model $= 3,50 \text{ m}$
- Panjang Model $= 10,00 \text{ m}$
- Percepatan Gravitasi $= 9,80 \text{ m/s}^2$
- Tekanan Hidrostatik $= 237.699,00 \text{ N/m}^2$
- Beban Beton Bertulang per m^2 $= 6,79 \text{ kPa}$
- Beban bekisting sendiri $= 0,24 \text{ kPa}$
- Beban orang $= 2,40 \text{ kPa}$
- Beban finishing lantai (mesin vibrator) $= 2,10 \text{ kPa}$
- Total beban desain $= 11,53 \text{ kPa}$

- b. Beban desain = 11,53 kPa
= 11,53 kN/m²
- c. Jumlah span yang direncanakan = lebih dari 3
- d. Material yang digunakan
 - Material = Plywood kelas 1
 - Tebal = 12,70 mm
 - FbKS (Across Support) = 191.000,00 kPa
 - FbKS (Parallel Support) = 93.000,00 kPa
 - Fslb/Q (Across Support) = 2.880,00 kPa
 - EI (Across Support) = 10.887.000.000.000,00 kPa
 - EI (Parallel Support) = 339.000.000.000,00 kPa

Sheathing Support Span

a. Cek Terhadap Bending

$$\ell = 3,16 \left(\frac{F_b KS}{w} \right)^{1/2}$$

- Across Support = 406,69 mm
= 400,00 mm
- Parallel Support = 283,78 mm
= 280,00 mm

b. Cek Terhadap Geser

$$\ell = 1,67 \frac{F_s lb/Q}{w} + 2d$$

- Across Support = 825,90 mm
= 820,00 mm
- Parallel Support = 459,51 mm
= 450,00 mm

c. Cek Terhadap Lendutan

- Lendutan maksimal = $if \Delta = \frac{1}{360}$
= 2,78 mm

Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$

- Across Support = 723,99 mm
= 720,00 mm

- Parallel Support = 227,77 mm
= 220,00 mm
- Lendutan maksimal = $if\Delta = \frac{1}{240}$
= 4,17 mm
- Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$
- Across Support = 830,92 mm
= 830,00 mm
- Parallel Support = 261,41 mm
= 260,00 mm
- Lendutan maksimal = $if\Delta = \frac{1}{180}$
= 5,56 mm
- Jarak aman maksimal = $\ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w}\right)^{1/3}$
- Across Support = 912,34 mm
= 910,00 mm
- Parallel Support = 287,03 mm
= 280,00 mm

Joist

a. Material Frame Single

- Material = Hollow 50x50x1,6 mm single
- 1 kg/cm^2 = 98,07 kPa
- 1 MPa = 1.000,00 kPa
- d (Tinggi) = 50,00 mm
- b (Lebar) = 50,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja) = 200.000.000,00 kPa
- I (Inersia) = 117.000,00 mm⁴
- w (Modelling) = 60,37 kPa
- El = 23.400.000.000.000,00 kPa
- FB (baja) = 450.000,00 kPa
- A = 303,00 mm²

b. Cek Terhadap Bending

$$\begin{aligned}\text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2} \\ &= 3.350,03 \text{ mm} \\ &= 3.300,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Cek Terhadap Geser

$$\begin{aligned}\text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{1,11}{1000} \frac{F_v A}{w} + 2d \\ &= 18.329,03 \text{ mm} \\ &= 18.300,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

d. Cek Terhadap Lendutan

$$\begin{aligned}\text{- Lendutan maksimal} &= if\Delta = \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 1.042,45 \text{ mm} \\ &= 1.000,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Lendutan maksimal} &= if\Delta = \frac{1}{240} \\ &= 4,17 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 1.196,42 \text{ mm} \\ &= 1.100,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{- Lendutan maksimal} &= if\Delta = \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{El}{w} \right)^{1/3} \\ &= 1.313,66 \text{ mm} \\ &= 1.300,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

Stringer

$$\begin{aligned} \text{Lendutan maksimal} &= if\Delta = \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Material Frame Single

- Material = Hollow 50x50x1,6 mm single
- Joist span = 1.000,00 mm
- w (modelling) = 11,53 kPa
- 1 kg/cm² = 98,07 kPa
- 1 MPa = 1.000,00 kPa
- d (Tinggi) = 50,00 mm
- b (Lebar) = 50,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja) = 200.000.000,00 kPa
- I (Inersia) = 117.000,00 mm⁴
- EI = 23.400.000.000.000,00 kPa
- FB (baja) = 450.000,00 kPa
- A = 303,00 mm²

b. Cek Terhadap Bending

$$\begin{aligned} \text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2} \\ &= 2.842,59 \text{ mm} \\ &= 2.800,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek Terhadap Geser

$$\begin{aligned} \text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{1,11}{1000} \frac{F_v A}{w} + 2d \\ &= 13.224,90 \text{ mm} \\ &= 13.200,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Cek Terhadap Lendutan

$$\begin{aligned} - \text{ Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{73,8}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3} \\ &= 934,33 \text{ mm} \\ &= 930,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan maksimal

$$= if\Delta = \frac{1}{240}$$
$$= 4,17 \text{ mm}$$

a. Material Frame Single

- Material = Hollow 50x50x1,6 mm single
- Joist span = 1.1000,00 mm
- w (modelling) = 12,68 kPa
- 1 kg/cm² = 98,07 kPa
- 1 MPa = 1.000,00 kPa
- d (Tinggi) = 50,00 mm
- b (Lebar) = 50,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja) = 200.000.000,00 kPa
- I (Inersia) = 117.000,00 mm⁴
- EI = 23.400.000.000.000,00 kPa
- FB (baja) = 450.000,00 kPa
- A = 303,00 mm²

b. Cek Terhadap Bending

Jarak aman maksimal

$$= \ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2}$$
$$= 2.710,31 \text{ mm}$$
$$= 2.700,00 \text{ mm}$$

c. Cek Terhadap Geser

Jarak aman maksimal

$$= \ell = \frac{1,11}{1000} \frac{F_v A}{w} + 2d$$
$$= 12.031,73 \text{ mm}$$
$$= 12.000,00 \text{ mm}$$

d. Cek Terhadap Lendutan

- Jarak aman maksimal

$$= \ell = \frac{84,7}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3}$$
$$= 1.038,80 \text{ mm}$$
$$= 1.030,00 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Material Frame Single

- Material	= Hollow 50x50x1,6 mm single
- Joist span	= 1.3000,00 mm
- w (modelling)	= 14,99 kPa
- 1 kg/cm ²	= 98,07 kPa
- 1 MPa	= 1.000,00 kPa
- d (Tinggi)	= 50,00 mm
- b (Lebar)	= 50,00 mm
- E (Modulus Elastisitas Baja)	= 200.000.000,00 kPa
- I (Inersia)	= 117.000,00 mm ⁴
- EI	= 23.400.000.000.000,00 kPa
- FB (baja)	= 450.000,00 kPa
- A	= 303,00 mm ²

b. Cek Terhadap Bending

$$\begin{aligned} \text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{40,7}{1000} d \left(\frac{F_b b}{w} \right)^{1/2} \\ &= 2.439,12 \text{ mm} \\ &= 2.400,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Cek Terhadap Geser

$$\begin{aligned} \text{Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{1,11}{1000} \frac{F_v A}{w} + 2d \\ &= 10.196,08 \text{ mm} \\ &= 10.100,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Cek Terhadap Lendutan

$$\begin{aligned} \text{- Jarak aman maksimal} &= \ell = \frac{93,0}{1000} \left(\frac{EI}{w} \right)^{1/3} \\ &= 1.078,81 \text{ mm} \\ &= 1.070,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Shore Spacing

$$\begin{aligned} \text{Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{360} \\ &= 2,78 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Lendutan maksimal Shore Spacing

$$\begin{aligned} - \text{Stringer span} &= 930,00 \text{ mm} \\ - w \text{ (modelling)} &= 10,72 \text{ kPa} \\ - \text{Shore spacing} &= \frac{w \text{ Model Shore}}{w \text{ Model Stringger}} \\ &= 930,00 \text{ mm} \\ &= 900,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{240} \\ &= 4,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Lendutan maksimal Shore Spacing

$$\begin{aligned} - \text{Stringer span} &= 1.030,00 \text{ mm} \\ - w \text{ (modelling)} &= 11,88 \text{ kPa} \\ - \text{Shore spacing} &= \frac{w \text{ Model Shore}}{w \text{ Model Stringger}} \\ &= 936,36 \text{ mm} \\ &= 900,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan maksimal} &= if \Delta = \frac{1}{180} \\ &= 5,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Lendutan maksimal Shore Spacing

$$\begin{aligned} - \text{Stringer span} &= 1.070,00 \text{ mm} \\ - w \text{ (modelling)} &= 12,34 \text{ kPa} \\ - \text{Shore spacing} &= \frac{w \text{ Model Shore}}{w \text{ Model Stringger}} \\ &= 823,08 \text{ mm} \\ &= 800,00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Melaporkan Hasil Penelitian

Dari hasil perhitungan yang dilakukan di atas, nilai jarak yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan rangka bekisting menggunakan angka aman terhadap lendutan. Pada nilai batas lendutan, terdapat 3 batas aman lendutan sehingga dari hasil perhitungan di atas didapatkan 3 hasil perencanaan untuk bekisting dinding dan 3 hasil perencanaan untuk bekisting plat lantai. Selain batas aman lendutan, hasil perencanaan bekisting juga dibagi menjadi 2 pada setiap batas aman lendutan didasarkan pada jenis lapisan plywood yang digunakan. Hasil dari perhitungan perencanaan bekisting dinding tercantum pada tabel berikut.

Tabel 1. Perencanaan Bekisting Dinding dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	410	130
Stud Support Span	530	530
Double Wales Support Span	670	670

Tabel 2. Perencanaan Bekisting Dinding dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 4,17$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	470	150
Stud Support Span	610	610
Double Wales Support Span	770	770

Tabel 3. Perencanaan Bekisting Dinding dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 5,56$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	520	160
Stud Support Span	670	670
Double Wales Support Span	850	850

Sama seperti perencanaan bekisting dinding, pada perencanaan bekisting plat lantai juga didasarkan pada nilai lendutan yang terjadi dengan batas aman terbagi menjadi 3 lendutan maksimal. Pada setiap batas aman juga terbagi menjadi 2 bagian berdasarkan tipe lapisan plywood yang digunakan. Untuk hasil perhitungan bekisting plat lantai sendiri tercantum pada tabel berikut.

Tabel 4. Perencanaan Bekisting Plat Lantai dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	720	220
Joist	1.000	1.000
Stringer	930	930
Shore Spacing	900	900

Tabel 5. Perencanaan Bekisting Plat Lantai dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 4,17$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	830	260
Joist	1.100	1.100
Stringer	1.030	1.030
Shore Spacing	900	900

Tabel 6. Perencanaan Bekisting Plat Lantai dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 5,56$ mm

Nama	Jarak (mm)	
	Across Layer Plywood	Parallel Layer Plywood
Sheathing Support Span	910	280
Joist	1.300	1.300
Stringer	1.070	1.070
Shore Spacing	800	800

DISKUSI

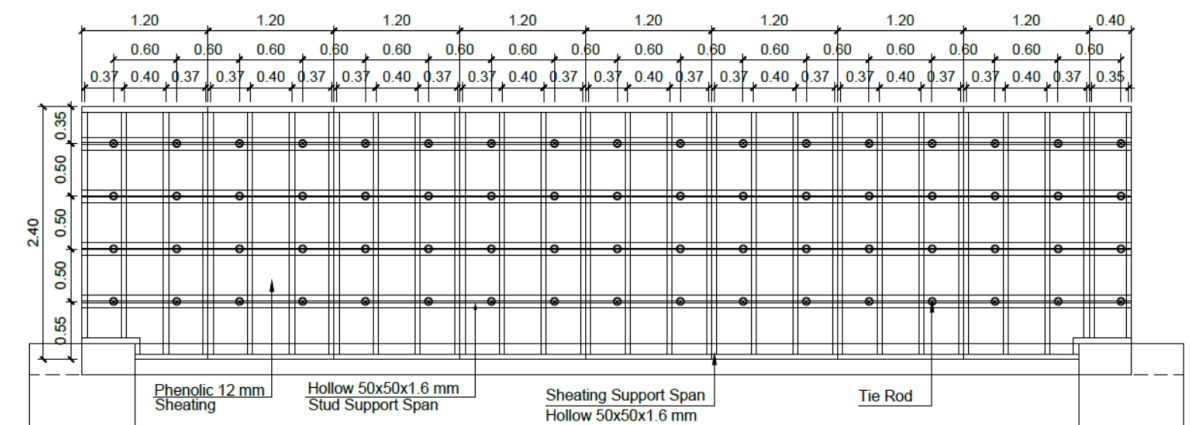
Hasil dari perhitungan perencanaan bekisting memiliki 6 pilihan rencana yang dapat diterapkan. Dari keenam pilihan tersebut, untuk menghasilkan beton dengan kualitas maksimal, maka dipilih perencanaan bekisting dengan batas lendutan maksimal sebesar $\leq 2,78$ mm dan dengan tipe plywood Across Layer Plywood. Setelah dilakukan perhitungan perencanaan bekisting, maka perlu dilakukan penyesuaian material plywood yang digunakan di lapangan dengan perhitungan perencanaan. Selain itu, juga perlu dilakukan penyesuaian pada beberapa bagian rangka bekisting dikarenakan di lapangan menggunakan bantuan scaffolding, terutama pada rangka bekisting plat lantai. Hasil dari penyesuaian tersebut, maka didapatkan beberapa data yang dapat digunakan untuk mengevaluasi pekerjaan bekisting di

lapangan. Untuk bekisting dinding dapat dilihat pada tabel berikut beserta dengan gambar rencananya.

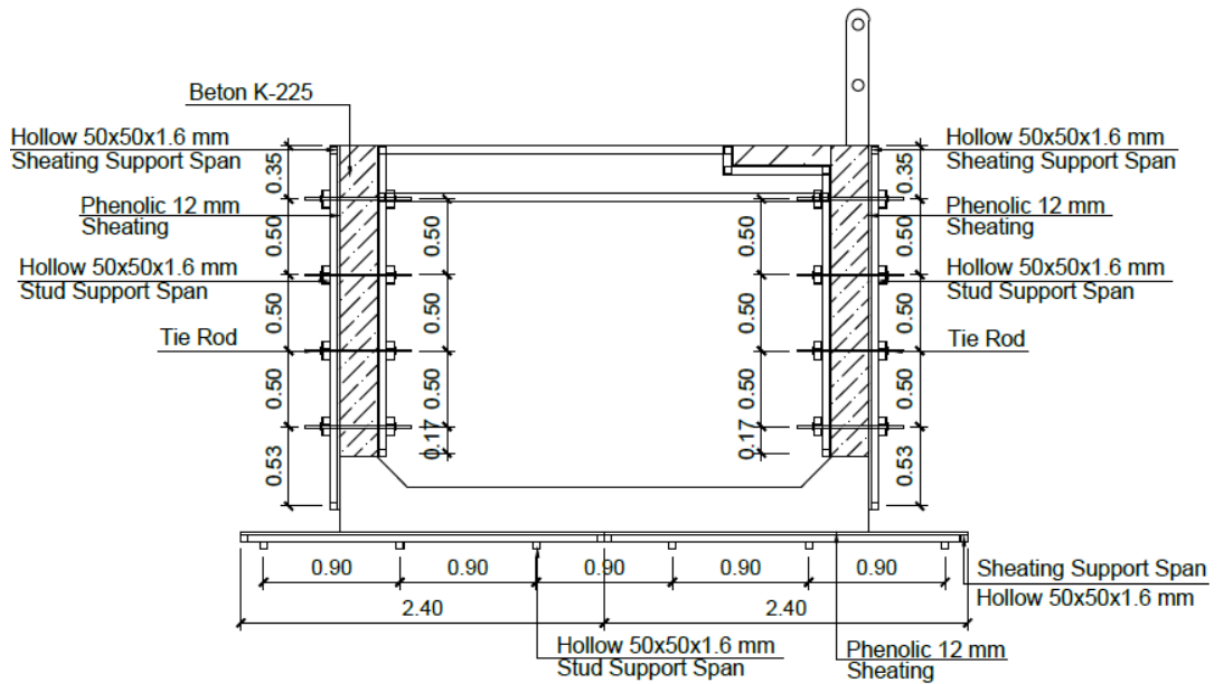
Tabel 7. Perencanaan Bekisting Dinding dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)
	Across Layer Plywood
Sheathing Support Span	410
Stud Support Span	530
Double Wales Support Span	670

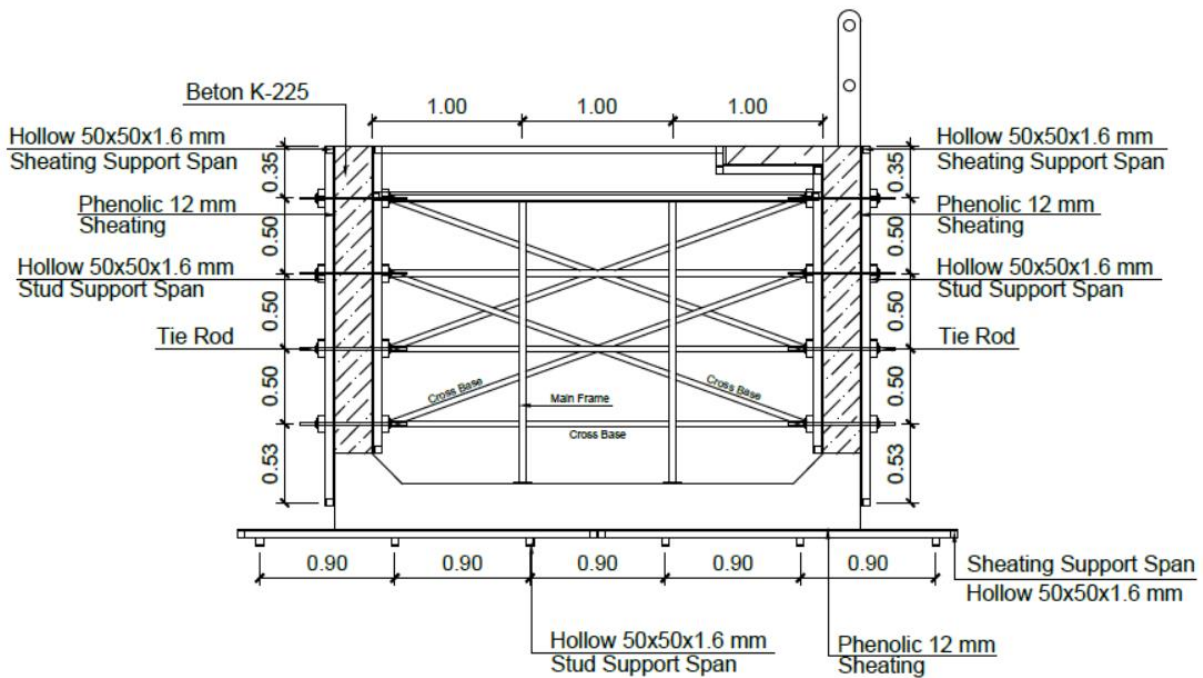
Dari hasil perhitungan perencanaan bekisting yang dilakukan, ditemukan beberapa perbedaan rangka antara perhitungan rencana bekisting dengan kondisi lapangan. Di lapangan ditemukan penyesuaian bekisting bahwa bekisting dinding tidak menggunakan Double Wales Support Span sehingga untuk kekuatan dari sisi luar bekisting menggunakan main frame yang disusun secara horizontal dan menyilang di antara sisi dalam dinding. Dari hasil perhitungan tersebut sebenarnya perlu dilakukan pengkajian ulang untuk metode yang sesuai dengan yang dilakukan di lapangan dikarenakan tujuan dari perhitungan rencana bekisting untuk mengevaluasi metode kerja yang dilakukan di lapangan. Dikarenakan menentukan metode perhitungan yang sesuai dengan yang ada di lapangan memerlukan waktu dan kompetensi yang mendalam, sehingga dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan di atas hanya menggunakan beberapa bagian perhitungan yang memang sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil dari perhitungan tersebut akan lebih mudah diaplikasikan jika terdapat gambar acuan dalam melakukan evaluasi seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Perencanaan Bekisting Dinding



Gambar 4. Perencanaan Bekisting Dinding Potongan A-A



Gambar 5. Perkuatan Bekisting Dinding

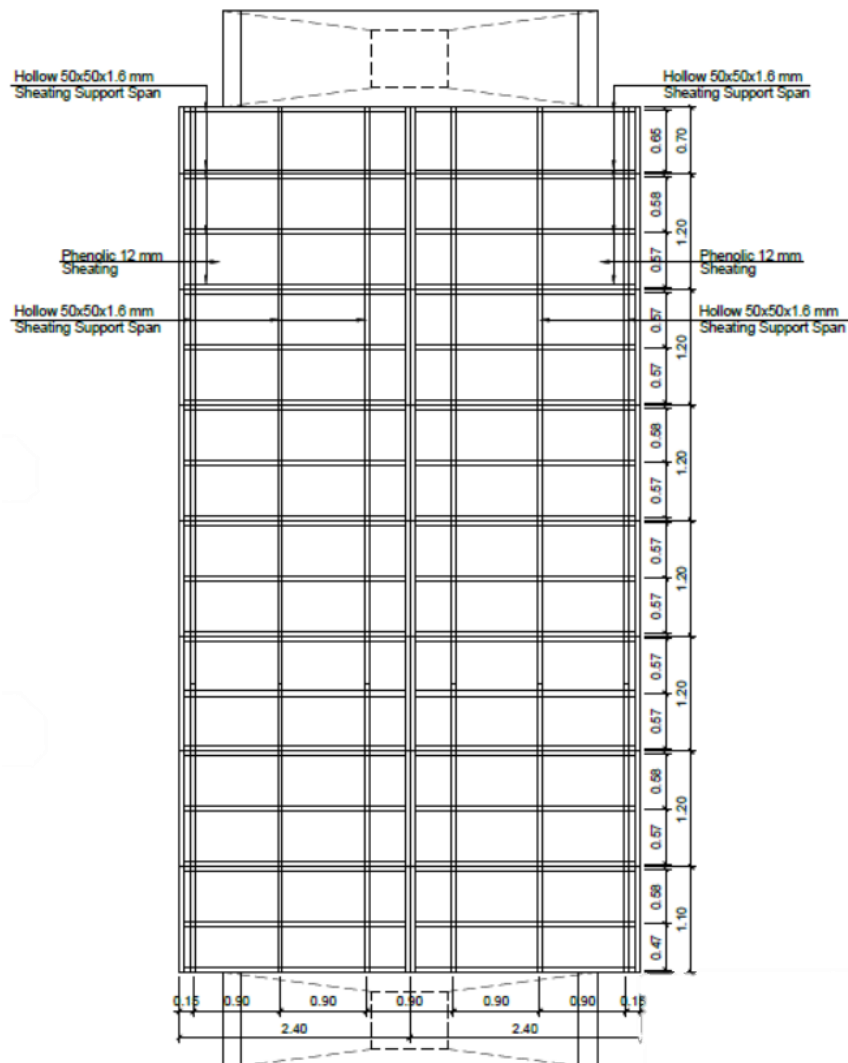
Sama halnya dengan perencanaan bekisting dinding, untuk perencanaan bekisting plat lantai juga memiliki 3 angka aman untuk lendutan dengan masing-masing angka aman terdiri dari 2 tipe plywood. Dengan material yang sama seperti bekisting dinding, maka dipakai rencana

rangka bekisting plat lantai menggunakan angka lendutan maksimal 2,78 mm dan Across Layer Plywood.

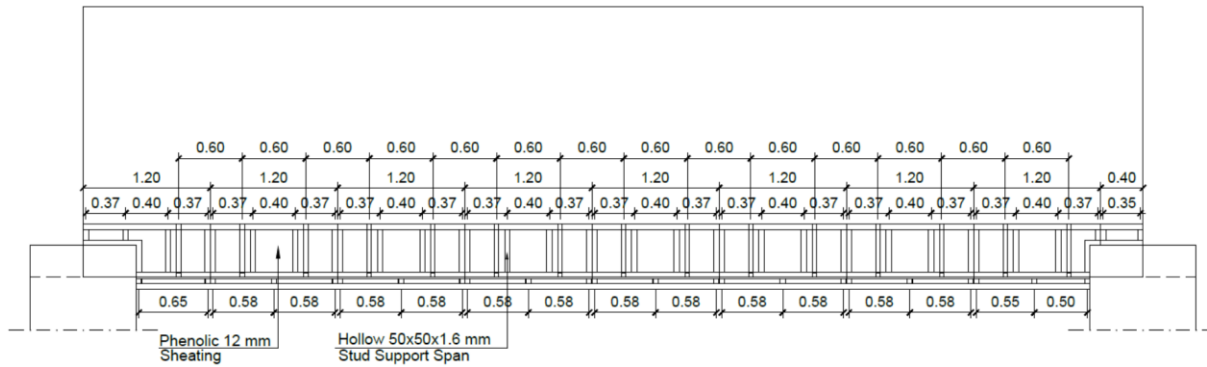
Tabel 8. Perencanaan Bekisting Plat Lantai dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)
	Across Layer Plywood
Sheathing Support Span	720
Joist	1.000
Stringer	930
Shore Spacing	900

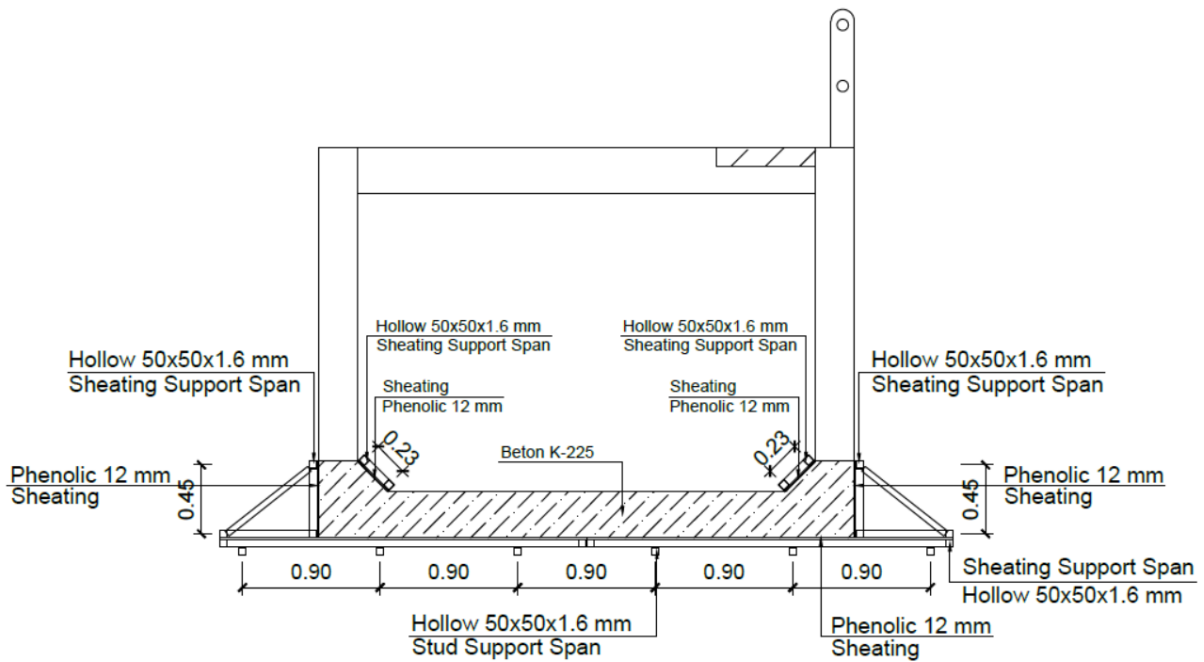
Terdapat perbedaan antara perhitungan perencanaan bekisting dengan metode pemasangan bekisting di lapangan. Perbedaan ditemukan pada bagian Stringer dan Shore Spacing yang dimana pada metode pemasangan di lapangan langsung menggunakan scaffolding sehingga perhitungan yang digunakan hanya Sheathing Support Span dan Joist.



Gambar 6. Perencanaan Bekisting Plat Tampak Atas



Gambar 7. Perencanaan Bekisting Plat Tampak Samping



Gambar 8. Perencanaan Bekisting Plat Potongan A-A

Pada penggambaran rencana rangka bekisting juga disesuaikan dengan ukuran plywood standar yaitu 1,2 m x 2,4 m sehingga pada beberapa bagian rangka tidak dapat menggunakan jarak rangka maksimal. Karena hal tersebut menyebabkan kurang efisiensinya penggunaan material pada rangka bekisting. Selain itu, dimensi beton yang akan dicapai juga menjadi kendala dalam mengatur jarak efektif pada rangka bekisting sehingga dapat menambah penggunaan material bekisting.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan terdapat beberapa perhitungan perencanaan yang tidak digunakan atau tidak diterapkan di

lapangan. Hal ini dikarenakan karena dasar dalam melakukan perhitungan perencanaan bekisting menggunakan metode *Australian Standard* didasarkan pada bekisting dengan material kayu. Dengan perkembangan zaman dan efisiensi metode yang dilakukan pada saat ini lebih mudah untuk menggunakan bekisting dengan rangka besi hollow dan main frame scaffolding yang lebih praktis dan efisien. Dari hasil penyesuaian tersebut maka didapatkan jarak maksimal untuk bekisting dinding dengan lendutan maksimal sebesar 2,78 mm sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 9. Perencanaan Bekisting Dinding dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)
	Across Layer Plywood
Sheathing Support Span	410
Stud Support Span	530

Pada bekisting plat lantai juga terdapat beberapa bagian perhitungan yang tidak terpakai dikarenakan efisiensi dan penggunaan material scaffolding sebagai rangka perkuatan bekisting sehingga untuk rangk Stringer dan Shore Spacing tidak dapat disesuaikan berdasarkan perhitungan dikarenakan ukuran scaffolding yang telah seragam. Karena hal tersebut maka hasil perencanaan yang dipakai sebagai acuan dalam evaluasi bekisting sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 10. Perencanaan Bekisting Plat Lantai dengan Batas Maksimal Lendutan $\leq 2,78$ mm

Nama	Jarak (mm)
	Across Layer Plywood
Sheathing Support Span	720
Joist	1.000

KETERBATASAN

Pada penelitian ini, terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi kendala dalam melakukan penelitian. Keterbatasan tersebut dikarenakan perhitungan perencanaan bekisting di dunia konstruksi Indonesia belum banyak dilakukan dan diterapkan sehingga tidak begitu banyak referensi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Penggunaan metode *Australian Standard* juga memiliki keterbatasan dikarenakan sulitnya mendapatkan panduan asli baik dalam media luar jaringan maupun dalam jaringan (maya/internet). Penggunaan metode *Australian Standard* hanya didasarkan pada *Technical Assistance*

Perencanaan Bekisting yang diselenggarakan oleh Departemen QHSSE PT. Brantas Abipraya (Persero).

Selain itu, penelitian ini juga menemukan kendala pada perbedaan metode pekerjaan yang ditemukan di lapangan dengan metode perhitungan yang dilakukan. Kendala tersebut dikarenakan metode perencanaan yang menjadi standar dalam perhitungan menggunakan material kayu secara menyeluruh, berbeda dengan yang dilakukan di lapangan yaitu menggunakan material plywood sebagai lapisan utama bekisting dengan rangka besi hollow dan juga scaffolding.

Keterbatasan penelitian juga ditemukan pada saat pengaplikasian perhitungan perencanaan ke dalam gambar kerja dikarenakan harus menyesuaikan ukuran plywood yang berukuran 1,2 m x 2,4 m dan juga dimensi beton yang akan dibentuk sehingga tidak semua rangka bekisting dapat menggunakan jarak maksimum perhitungan. Karena hal tersebut membuat pengaplikasian bekisting dan rangka bekisting di lapangan tidak efektif dan terdapat pemborosan bahan material.

Diharapkan dengan keterbatasan penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dan dapat ditemukan metode yang lebih efektif dan efisien dalam menghitung perencanaan bekisting sehingga dapat menghasilkan kualitas beton yang lebih maksimal di dunia konstruksi.

REFERENSI

- One Steel Market Mills. *Fourth Edition: Cold Formed Structural Hollow Sections & Profiles*.
- Putri, Adel Andila, 2023. Bangunan Kuno Tertua di Dunia: Bangunan tertua di dunia diperkirakan dibangun sekitar 3.600 SM. <https://data.goodstats.id/>
- QHSSE PT. Brantas Abipraya (Persero). 2023. *Technical Assistance* Perencanaan Bekisting.
- Standards Australia, 1995. AS 3610: *Formwork for Concrete*.