

U-DITCH PRACETAK BERDASARKAN SNI 1725: 2016 SEBAGAI STANDAR DESAIN

Titin Sundari^{*1}, Fatma Ayu Nuning Farida Afiatna,²

¹Dosen / Program Studi Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Hasyim Asy'ari
Tebuireng Jombang

²Dosen / Program Studi Teknik Industri / Fakultas Teknik / Universitas Hasyim
Asy'ari Tebuireng Jombang

Korespondensi: tari1273@yahoo.co.id

ABSTRACT

In general, local precast U-ditch does not yet have consistent dimensions and quality. The absence of design standards makes the u-ditch inefficient, for example too large dimensions with low strength. The research was conducted by direct observation and interviews related to the quality of concrete and U-ditch reinforcement, then analyzed its strength (flexural moment) with SNI 1725: 2016 as the design standard. The results showed that the U-ditch bending moment = 4.261 kNm is smaller than the external working moment = 7.563 kNm ($\phi M_n < M_u$) which means that it does not meet the standard. Therefore, in this study, a U-ditch design was made in accordance with SNI 1725: 2016.

Keyword : *kekuatan lentur pracetak u-ditch*

1. PENDAHULUAN

U-ditch dengan penutup dirancang sebagai jalur air dan juga sebagai jembatan untuk dilewati orang ataupun kendaraan besar. Umumnya U-ditch pracetak lokal belum memiliki dimensi dan kualitas yang konsisten. Pihak produsen memproduksi berbagai konstruksi pracetak/*precast* berdasarkan pesanan saja [1]. Dimensi yang terlalu besar dengan kekuatan yang rendah, menjadikannya tidak efisien, sehingga perlu standar desain [2]. Kapasitas lentur U-ditch tipe inovasi yang mengacu pada standar pracetak di Jepang (JIS) lebih tinggi dibanding tipe normal produk lokal [3]. Hal ini menunjukkan pentingnya suatu standar baku. Dengan adanya standar yang baku kualitas produk dan konstruksi akan terjamin serta keragaman produk tidak terjadi [4].

Dalam penelitian ini, U-ditch produk lokal kondisi eksisting dianalisis kekuatannya dalam menerima beban lentur berdasarkan SNI 1725: 2016 [5]. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kekuatan lentur dan penerapan SNI 1725: 2016 sebagai standar

dalam desain dan analisis U-ditch pracetak produk lokal yang berfungsi sebagai jembatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Saluran U-ditch dengan penutup dirancang untuk dapat berfungsi sebagai gorong-gorong yang melintang jalan sehingga berfungsi juga sebagai jembatan. Untuk itu perhitungan analisis dan desain didasarkan pada SNI pembebanan pada jembatan.

Ada dua macam perhitungan dalam beton bertulang, yaitu perhitungan analisis dan desain. Analisis struktur menentukan kekuatan / *strength demand*, sedangkan desain struktur menentukan *supply* [6]. Besarnya kekuatan ini harus lebih besar dari beban yang bekerja, sebagaimana disebutkan dalam SNI 2847: 2019 bahwa kekuatan rencana \geq kekuatan perlu [7].

Untukantisipasi rendahnya kekuatan, kekuatan nominal (S_n) dikalikan dengan faktor reduksi (ϕ), sedangkan besarnya pengaruh beban (U) dikalikan dengan faktor beban (α), sehingga:

$$\phi S_n \geq \alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2 + \dots \quad (1)$$

2.1. Pembebanan

Perencanaan beban kerja dapat dibagi menjadi dua, beban hidup yang merupakan beban tidak tetap dan beban mati (beban tetap). Pada struktur *U-ditch* beban yang bekerja meliputi pembebanan pada struktur atas dan bawah. Sebagaimana yang diatur dalam SNI seperti pada persamaan (1) bahwa hasil dari perhitungan pembebanan *U-ditch* ini berupa besarnya momen lentur yang sudah dikalikan dengan faktor beban (M_u).

2.1.1. Pembebanan struktur atas

Beban mati

Berat sendiri (M_S) beton 2400 kg/m³, dan beban mati tambahan (M_A) aspal adalah 2200 kg/m³ setebal 50mm. Factor beban keadaan batas ultimit γ_{MS}^u adalah 1,2 sesuai SNI 1725: 2016 tabel 3. Factor beban untuk keadaan khusus (terawasi) dan keadaan batas ultimit $\gamma_{MA}^u = 1,4$ sesuai Tabel 4 SNI 1725: 2016.

Beban "D"

Terdiri atas beban BTR dan beban BGT. BTR adalah beban terbagi rata, sedangkan BGT adalah beban garis terpusat. Beban terbagi rata dengan intensitas q kPa, nilai q tergantung L panjang total seperti berikut:

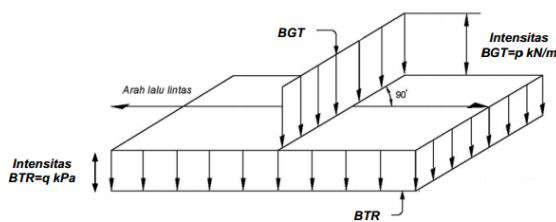
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

Keterangan:

q = intensitas BTR (kPa)

L = panjang total yang dibebani (m)



Gambar 1. Beban "D"

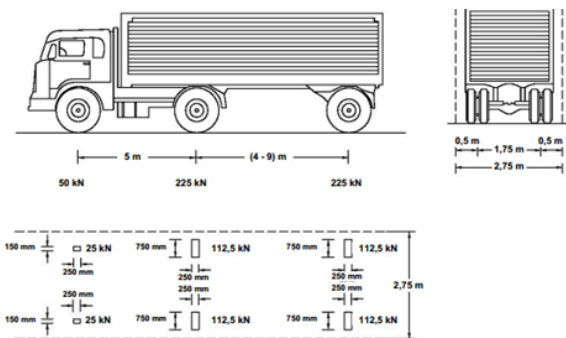
Sumber: SNI 1725: 2016

Beban garis terpusat dengan intensitas p sebesar 49 kN/m diposisikan tegak lurus arah lalu lintas. Untuk BGT pada jembatan menerus, diposisikan pada arah melintang jembatan untuk memperoleh momen negatif maksimum. Penyebaran beban D ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Beban Truck

Beban truk "T" untuk perhitungan struktur lantai tidak dapat bekerja bersamaan dengan beban "D". Beban "T" tipe beban transien untuk jembatan beton keadaan batas ultimit, factor bebannya adalah sebesar $\gamma_{TT}^u = 1,8$. Beban "T" adalah kendaraan *semi-trailer* dengan pengaturan berat gandar seperti Gambar 1.2. Berat setiap poros didistribusikan menjadi 2 beban yang sama besar. Jarak antara 2 poros tersebut dapat divariasikan dari 4m hingga 9m untuk mendapatkan efek maksimum pada arah panjang jembatan.

Agar terjadi interaksi yang cukup antara lantai jembatan dengan kendaraan yang bergerak, maka besarnya BGT dari beban "D" dan beban roda dari beban "T" harus dikalikan dengan FBD. Faktor Beban Dinamis untuk struktur di atas permukaan tanah adalah 30%, dan minimal 40% untuk struktur di bawah permukaan tanah.

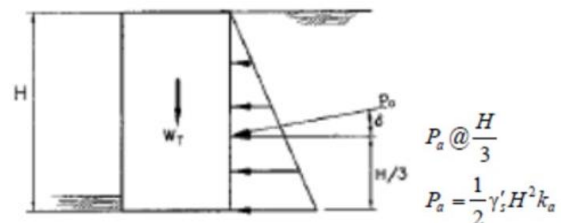


Gambar 2. Beban "T" 500 kN

Sumber: SNI 1725: 2016

2.1.2. Pembebanan Struktur Bawah.

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur yang berada di bawah permukaan tanah [8]. Gambar 3 berikut menunjukkan distribusi tekanan tanah aktif.



Gambar 3. Distribusi Tekanan Tanah

Sumber: SNI 1725: 2016

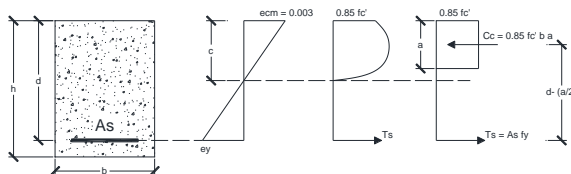
Faktor beban akibat tekanan tanah pada kondisi batas ultimit sesuai SNI 1725: 2016 Tabel 5 untuk tipe beban tetap, tekanan tanah lateral aktif adalah $\gamma_{TA}^u = 1,25$ dan tekanan

tanah pasif $\gamma_{TA}^U = 1,40$.

2.2. Analisis struktur

Merupakan perhitungan menentukan kekuatan / kemampuan / kapasitas penampang dalam menerima beban. Data-data penampang sudah diketahui seperti lebar penampang (b), tinggi penampang (h), mutu baja tulangan (f_y), mutu beton ($f'c$), jumlah tulangan maupun luas tulangan (As). Hasil dari analisis struktur ini adalah besarnya gaya-gaya dalam (*internal forces*) seperti momen lentur, geser, dan aksial.

Untuk menghitung besarnya kekuatan lentur (Mn) digunakan analisis penampang beton bertulangan tarik seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Analisis Penampang

Berdasarkan **Gambar 4**, bahwa prinsip keseimbangan gaya adalah gaya tarik (Ts) yang diberikan baja tulangan tarik = gaya tekan (Cc) yang diberikan beton di daerah tekan, sehingga:

$$\begin{aligned} Ts &= Cc \\ As \cdot f_y &= 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \\ a &= \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \end{aligned} \quad (2a)$$

a adalah tinggi blok ekuivalen, dan Mn dihitung seperti persamaan (2.b) dengan d adalah tinggi efektif penampang.

$$Mn = As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2b)$$

Jika yang dicari kekuatan penampang dalam menerima beban lentur maka syarat yang harus dipenuhi adalah momen lentur nominal (Mn) dikali faktor reduksi harus lebih besar dari sama dengan momen lentur terfaktor (Mu) seperti pada persamaan (2c), dan besarnya faktor reduksi kekuatan untuk struktur yang terkendali tarik (ϕ) adalah 0,9.

$$\phi Mn \geq Mu \quad (2c)$$

2.3. Desain struktur

Pada prinsipnya adalah menentukan ukuran/dimensi penampang agar didapatkan penampang yang efisien. Tahapannya adalah menghitung pembebanan, membuat pemodelan, menentukan mutu beton dan baja yang digunakan, baru kemudian menghitung dimensi dan penulangan yang tepat agar struktur dijamin dapat menahan beban-beban tersebut.

2.3.1. Membuat Pemodelan

Untuk mempermudah perhitungan manual, permodelan struktur penutup (*cover U-ditch*) merupakan struktur atas bertumpuan sederhana sendi-rol. Beban gravitasi ditahan oleh *cover*. Besarnya momen lentur terfaktor (Mu) akibat beban merata (qu) untuk tumpuan sederhana adalah seperti dalam persamaan (3a), dan momen akibat beban terpusat (Pu) seperti pada persamaan (3b) dengan L adalah panjang bentang.

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 \quad (3a)$$

$$Mu = \frac{1}{4} \cdot Pu \cdot L \quad (3b)$$

Konstruksi dinding *U-Ditch* dianggap 'jepit-bebas', dinding bagian bawah merupakan konstruksi jepit, dan dinding bagian atas merupakan konstruksi bebas. Gaya horizontal tekanan tanah aktif diahan oleh dinding. Tanah dianggap jenis tanah liat/lempung lunak. Pelat dinding jenis ini disebut juga dengan pelat kantilever dan termasuk pelat satu arah [9], sebab hanya pada satu arah saja bekerjanya momen lentur, dan momen yang dihasilkan adalah momen negative sehingga tulangan tarik dipasang di atas.

Untuk pelat satu arah ini harus dihitung tulangan utama serta tulangan pembagi (tulangan susut dan suhu) sebesar 20% luas tulangan utama atau 0,002 kali luas penampang beton sesuai persyaratan PBI 1971, karena di SNI tidak mengatur untuk tulangan polos, hanya menyebutkan dalam segala hal rasio tulangan susut dan suhu terhadap luas penampang beton minimum 0,0014.

Konstruksi bawah *U-Ditch* merupakan konstruksi yang menahan seluruh gaya reaksi total dari pembebanan yang bekerja.

2.3.2. Penulangan U-ditch

Perhitungan pembesian didasarkan pada peraturan beton bertulang untuk gedung SNI 2847:2019. Langkah-langkah untuk mendesain penulangan adalah dengan menghitung besarnya Mu , Rn , ρ , As , memilih tulangan yang

akan terpasang, baru menggambarkan detail penulangan menjadi suatu desain struktur.

Persamaan-persamaan berikut digunakan untuk menghitung penulangan lentur, Rn adalah factor tahanan momen, ρ adalah rasio luas tulangan dengan beton.

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (4a)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85x f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xRn}{0,85x f'c}} \right) \quad (4b)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \quad (4c)$$

Kontrol lendutan berdasarkan SNI 2847: 2013 Tabel 9.5 (b) bahwa lendutan ijin maksimum untuk jenis komponen struktur lantai yang menyatu dan menumpu komponen non structural yang bisa rusak karena adanya lendutan besar adalah $L/480$ [10].

Defleksi (Δ) yang dihitung adalah jumlah defleksi jangka panjang akibat beban kerja dan jumlah defleksi sesaat akibat beban hidup. Akibat beban merata (q) besarnya lendutan adalah:

$$\Delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (5a)$$

Lendutan akibat beban terpusat (P),

$$\Delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (5b)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan, dilakukan dengan pengamatan dan wawancara langsung di lokasi penelitian, Istana *Construction* Jalan Pattimura 160 Jombang. Dari pengamatan lapangan diperoleh data dimensi dan ukuran penampang seperti pada **Gambar 6**, dan dari wawancara didapatkan data mutu beton dan baja yang dipakai, serta jumlah tulangan yang digunakan. Alat yang dipakai adalah kamera, meteran, pulpen, *note book*. Bahan /obyek penelitian adalah *U-ditch* di lokasi mitra.

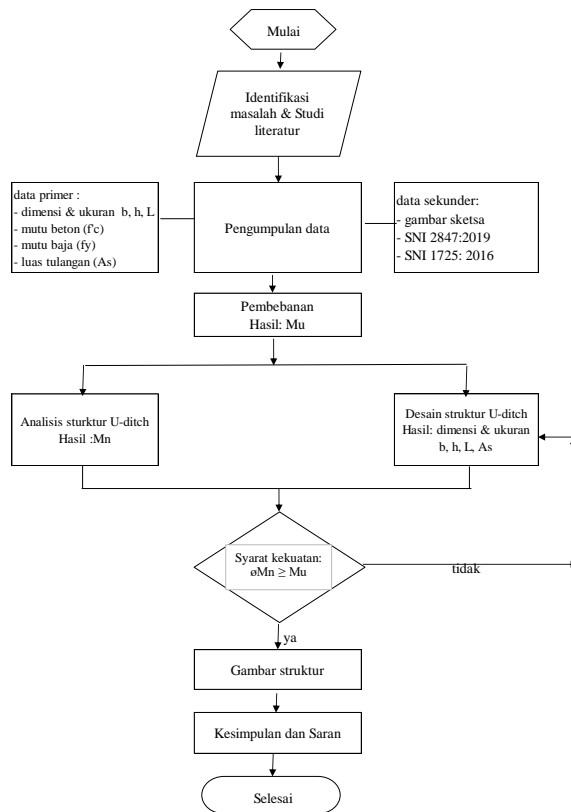
Setelah semua data diperoleh, maka dilakukan :

- Perhitungan pembebanan sesuai SNI 1725 : 2016, didapatkan nilai Mu
- Analisis struktur *U-ditch* kondisi eksisting berdasarkan SNI 2847: 2019, didapatkan nilai Mn dengan syarat ilai $\phi Mn \geq Mu$.
- Jika nilai $\phi Mn < Mu$ berarti struktur tidak kuat dalam menahan beban dan perlu di

desain ulang.

- Desain Struktur *U-ditch* sesuai SNI. Cek kapasitas desain struktur harus \geq kuat perlu.
- Gambar struktur *U-ditch* sesuai SNI.

Berikut adalah diagram alir pelaksanaan penelitian seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dimensi, ukuran penampang dan material *U-ditch*, seperti berikut:



Gambar 6. *U-ditch* yang dianalisis

Dimensi:			
Tinggi <i>U-ditch</i>	H	=	865 mm
	b	=	1200 mm
Tebal dinding		=	85 mm
		=	60 mm
	p	=	20 mm
Data bahan :			
Beton mutu K 225 =>	$f'c$	=	$225 \times 0,083$

	$f'c = 18,68 \text{ MPa}$
Mutu tulangan	$f_y = 240 \text{ MPa}$
Tulangan lentur terpasang	$= \varnothing 8 - 150 \text{ mm}$
	$A_s = 335 \text{ mm}^2$

Data beban:

Berat sendiri tanah	$\gamma : 18 \text{ kN/m}^3$
	$K_a : 1$
Faktor beban	$\gamma_{TA}^u : 1,25$
Berat sendiri beton	$q_1 : 24 \text{ kN/m}^3$
Factor beban	$\gamma_{MS}^u : 1,2$
Berat aspal	$q_2 : 22 \text{ kN/m}^3$
Tebal aspal	$t_a : 0,05 \text{ m}$
Factor beban γ_{MA}^u	$: 1,4$
Beban D --- BTR	$q_3 : 9 \text{ kN/m}^2$
BGT	$q_4 : 49 \text{ kN/m}^2$
Factor beban	$\gamma_{TT}^u : 1,8$
Beban Truck T	$P : 112,5 \text{ kN}$
	$FBD : 30\%$

4.1. Pembebanan U-ditch

Pembebanan meliputi struktur atas dan bawah. Cover/penutup merupakan struktur atas, dinding dan lantai merupakan struktur bawah. Konstruksi bawah menahan seluruh gaya reaksi total dari pembebanan yang bekerja.

Jika bentang *cover* (L) = 0,66m, tebal (H) = 0,105 m dan lebar (B) = 1,2 m maka berat sendiri (q_D) = $q_1 \cdot B \cdot H$
 $= 3,024 \text{ kN/m}$
 berat aspal (q_{D+}) = $q_2 \cdot B \cdot t_a$
 $= 1,32 \text{ kN/m}$

Beban hidup "D"
 BTR = $B \cdot q_3$
 $= 10,8 \text{ kN/m}$
 BGT = $q_4 \cdot B \cdot FBD$
 $= 17,64 \text{ kN/m}$

Beban hidup "T"
 PT = $P_1 \cdot FBD$
 $= 33,75 \text{ kN}$

Momen Service

Akibat beban mati
 $M_D = 1/8 \times 3,024 \times 0,66^2$
 $= 0,165 \text{ kN.m}$

$M_{D+} = 1/8 \cdot 1,32 \cdot 0,66^2$
 $= 0,072 \text{ kN.m}$

Akibat beban hidup "D"
 $M_{BTR} = 1/8 \times 10,80 \times 0,66^2$
 $= 0,588 \text{ kN.m}$

$M_{BGT} = 1/4 \times 17,64 \times 0,66$
 $= 1,921 \text{ kN.m}$

Akibat beban "T"
 $M_T = 1/4 \cdot 33,75 \cdot 0,66$

$M_T = 5,569 \text{ kN.m}$

Momen Ultimate

Momen ultimate akibat beban mati

$M_{Dult} = M_D \times 1,2$
 $= 0,198 \text{ kN.m}$

$M_{D+ult} = M_{D+} \times 1,4$
 $= 0,1008 \text{ kN.m}$

Momen ultimate akibat beban hidup "D"

$M_{BTRult} = M_{BTR} \times 1,8$
 $= 1,058 \text{ kN.m}$

$M_{BGTult} = M_{BGT} \times 1,8$
 $= 3,4578 \text{ kN.m}$

Momen ultimate akibat beban hidup "T"

$M_{Tult} = M_T \times 1,8$
 $= 13,031 \text{ kN.m}$

Kombinasi Momen Ultimit

1. $M_{Dult} + M_{D+ult} + M_{BTRult} + M_{BGTult} = 4,815 \text{ kN.m}$

2. $M_{Dult} + M_{D+ult} + M_{Tult} = 13,33 \text{ kN.m}$

Dipilih kombinasi kedua karena memiliki nilai paling besar, maka besarnya ***Mu cover* = 13,33 kNm.**

Beban yang bekerja pada dinding, dengan $b = 1,2 \text{ m}$ dan $H = 0,865 \text{ m}$

Berat tanah $q_1 = \gamma \cdot K_a \cdot b \cdot H$
 $= 18,36 \text{ kN/m}$

Beban kendaraan, $q_2 = b \times K_a \times BTR$
 $= 10,80 \text{ kN/m}$

Gaya tekan, tek tanah $P_1 = 1/2 \cdot q_1 \cdot H$
 $= 7,941 \text{ kN}$

Gaya lateral kendaraan $P_2 = q_2 \cdot H$
 $= 9,342 \text{ kN}$

Momen servis:

Akibat tekanan tanah aktif,
 $M_1 = P_1 \cdot H/3$
 $= 2,29 \text{ kNm}$

Momen akibat tekanan lateral kendaraan:
 $M_2 = 1/2 \cdot P_2 \cdot H$
 $= 3,76 \text{ kNm}$

Maka besarnya momen terfaktor dinding adalah ***Mu* = (M1 + M2)1,25 = 7,563 kNm**

Beban yang bekerja pada lantai, dengan lebar (B) = 660mm, tinggi (H) = 865mm, dan panjang (L) = 1200mm, tebal cover (t_1) = 105mm, tebal dinding (t_2) = 85 mm, factor beban (γ_{TT}^u) = 1,8 dan FBD = 40 %

Beban mati

$W_{D1} \text{ struk bawah} = B (t_2 + t_1) \times L \times q_1$
 $= 3,6115 \text{ kN}$

$W_{D2} \text{ dinding} = 2 \times H \times t_2 \times L \times q_1$
 $= 2,118 \text{ kN}$

Total beban (W_D) = 5,7295 kN

Beban tambahan

$$W_{D+} = t_a \times B \times L \times q_2 \\ = 0,871 \text{ kN}$$

Beban D

$$W_{BTR} = B \times L \times q_3 \\ = 7,128 \text{ kN}$$

$$W_{BGT} = q_4 \times L \times \text{FBD} \\ = 17,64 \text{ kN}$$

Beban T

$$W_T = p_1 \times \text{FBD} \\ = 33,75 \text{ kN}$$

Reaksi Servis

Akibat beban mati

$$Q_D = W_D : (B \times L) \\ = 7,234 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{D+} = W_{D+} : (B \times L) \\ = 1,10 \text{ kN/m}^2$$

Akibat beban "D"

$$Q_{BTR} = W_{BTR} / (B \times L) \\ = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{BGT} = W_{BGT} / (B \times L) \\ = 22,273 \text{ kN/m}^2$$

Akibat beban "T"

$$Q_T = W_T : (B \times L) \\ = 42,614 \text{ kN/m}^2$$

Reaksi Ultimat

Akibat beban mati

$$Q_{Dult.} = 1,2 Q_D \\ = 8,681 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{D+ult.} = 1,4 Q_{D+} \\ = 1,54 \text{ kN/m}^2$$

Akibat beban hidup "D"

$$Q_{BTRult.} = Q_{BTR} \times 1,8 \\ = 16,2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{BGTult.} = Q_{BGT} \times 1,8 \\ = 40,091 \text{ kN/m}^2$$

Akibat beban hidup "T"

$$Q_{Tult.} = Q_T \times 1,8 \\ = 76,705 \text{ kN/m}^2$$

Kombinasi ultimat

$$1. Q_{Dult.} + Q_{D+ult.} + Q_{BTRult.} + Q_{BGTult.} \\ = 66,692 \text{ kN/m}^2$$

$$2. Q_{Dult.} + Q_{D+ult.} + Q_{Tult.} \\ = 87,106 \text{ kN/m}^2$$

Dipilih kombinasi yang memiliki nilai paling besar, $Q_u = 87,106 \text{ kN/m}^2$. Momen negative, $M_u = 4,743 \text{ kNm}$

4.2. Analisis struktur U-ditch

Kekuatan dinding dan lantai U-ditch berdasarkan persamaan (2a) diperoleh nilai $a = 4,22 \text{ mm}$, dan momen lentur nominal, M_n

$$= 335 \times 240 \left(61 - \frac{4,22}{2} \right)$$

$$M_n = 4.374.756 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 4.374.756 \\ = 4.261.280 \text{ Nmm} \\ = \mathbf{4,261 \text{ kNm}}$$

Berdasarkan hasil perhitungan analisis struktur pada lantai dan dinding U-ditch diperoleh nilai kekuatan yang tersedia/kapasitas lentur nominal (ϕM_n) adalah 4,261 kNm, sedangkan kekuatan perlu M_u lantai adalah 4,743 kNm dan M_u dinding adalah 7,563 kNm. Hal ini berarti dimensi, ukuran penampang, dan luas tulangan yang digunakan tidak mampu menahan beban lentur yang bekerja.

4.3. Desain struktur U-ditch

Karena lantai dan dinding yang ada, tidak memenuhi syarat kekuatan, maka penulangan didesain lagi tanpa mengubah dimensi dan ukuran penampang U-ditch. Hal ini dimaksudkan agar cetakan tetap bisa digunakan.

Penulangan Dinding

Penulangan lentur

$$M_u = 7,563 \text{ kNm}$$

$$R_n = 1,942 \text{ MPa}$$

$$P = 0,0087 > \rho_{\min}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 626,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang } 9 \text{ } \phi 10 - 150 \text{ mm}$$

Penulangan susut

$$A_{sb} = 20\% \times A_s \text{ terpasang} \\ = 125,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \times b \times h \\ = 204 \text{ mm}^2 \text{ (yang menentukan)}$$

$$\text{Dipasang tulang bagi } \phi 8 - 200 = 251 \text{ mm}^2$$

Penulangan lantai

Penulangan lentur

$$M_u = 4,743 \text{ kNm} = 4.743.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = 2,218 \text{ MPa}$$

$$P = 0,010 > \rho_{\min}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 719,79 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ terpasang} = 863,5 \text{ mm}^2$$

Penulangan susut

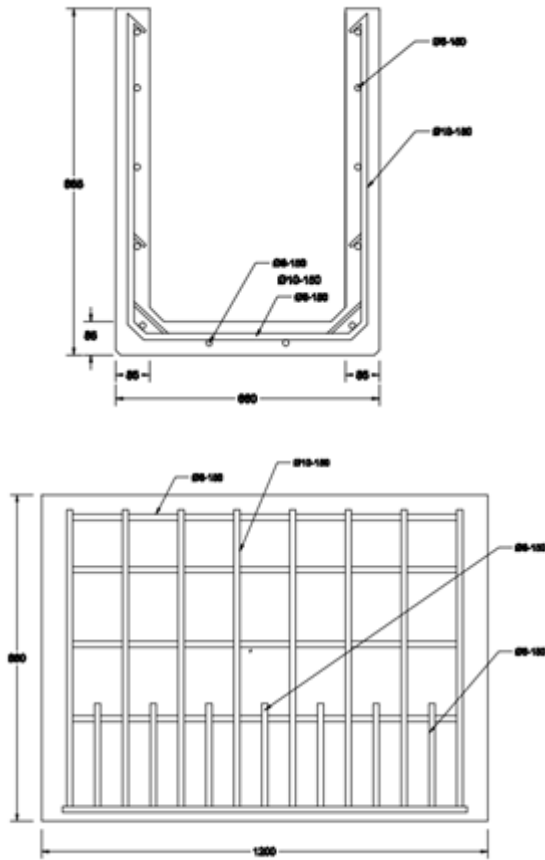
$$A_{sb} = 20\% \times A_s \text{ terpasang} \\ = 172,7 \text{ mm}^2 \text{ (yang menentukan)}$$

$$A_{sb} = 0,002 \times b \times h \\ = 112,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulang bagi } \phi 6 - 150 = 189 \text{ mm}^2$$

Karena tulangan yang dipasang pada dinding U-ditch adalah $\phi 10 - 150$ dengan dengan $A_s = 706,5 \text{ mm}^2$, sedangkan yang dibutuhkan $A_s = 863,5 \text{ mm}^2$, sehingga $863,5 - 706,5 = 157 \text{ mm}^2$. Luasan ini ditahan oleh tulangan $\phi 6 - 150 = 189 \text{ mm}^2$. Jadi dipakai $\phi 10 - 150 \text{ mm}$ sebanyak

9 buah dan ϕ 6 – 150 mm sebanyak 8 buah. Untuk gambar detail penulangan U-ditch seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Detail potongan melintang dan memanjang U-ditch

4.4. Desain cover U-ditch

Penulangan Lentur

Selimut beton p : 20 mm
 Tulangan lentur ϕ : 12 mm
 ϕ : 0,9
 Tebal efektif d : $H - p - \frac{1}{2} \cdot \phi$
 $: 105 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 12$
 $: 79$ mm

M_u = 13,33 kNm = 13.330.000 Nmm

R_n = 1,978 MPa

P = 0,00883 $> \rho$ min
 $< \rho$ max

A_s = 837,03 mm²

Dipasang tulangan 9 ϕ 12 – 150 mm = 870mm²

Penulangan susut

A_{sb} = 20% x A_s terpasang
 = 174 mm²

A_{sb} = 0,002 x b x h
 = 138,6 mm² (yang menentukan)

Dipasang tulangan bagi ϕ 6 – 150 = 189 mm²

Kontrol Lendutan

Δ_{ijin} = 660/480 = 1,375 mm

Kombinasi *Service* :

M_{a1} = $M_D + M_{D^+} + M_{BTR} + M_{BGT}$
 = 2,746 kN.m

M_{a2} = $M_D + M_{D^+} + M_T$
 = 5,806 kN.m

M_{cr} = $Fr \cdot \frac{I_g}{Y_t}$
 = 5.908.660 Nmm
 = 5,909 kNm

Diperoleh M_{a1} dan M_{a2} lebih kecil dari M_{cr} , maka digunakan inersia penampang beton bruto (I_g).

$I_g = \frac{1}{12} \cdot 1200 \cdot 105^3$
 = 115.762.500 mm⁴

Untuk kombinasi M_{a1} ,

Δ_D = 0,0032 mm

Δ_{D^+} = 0,0014 mm

Δ_{BTR} = 0,01135 mm

Δ_{BGT} = 0,04493 mm

$\sum \Delta_{M_{a1}}$ = 0.06088 mm $< \Delta$ ijin \Rightarrow Ok!

Untuk kombinasi M_{a2} ,

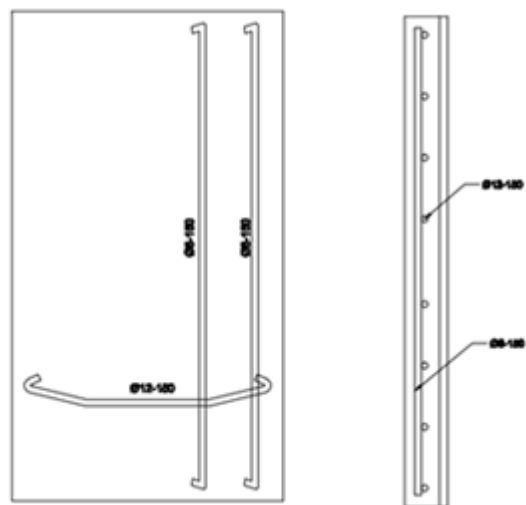
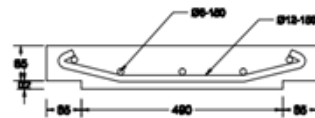
Δ_D = 0,0032 mm

Δ_{D^+} = 0,0014 mm

Δ_T = 0,086 mm

$\sum \Delta_{M_{a2}}$ = 0.0906 mm $< \Delta$ ijin \Rightarrow Ok!

Gambar Struktur *Cover* seperti ditunjukkan pada **Gambar 8** berikut.



Gambar 8. Detail cover U-ditch

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan pembebanan diperoleh besarnya momen lentur terfaktor Mu_{lantai} adalah 4,743 kNm dan Mu_{dinding} adalah 7,563 kNm. Hasil analisis struktur lantai dan dinding diperoleh nilai kuat momen lentur nominal ϕMn adalah 4,261 kNm lebih kecil dari Mu , berarti kapasitas U-ditch eksisting rendah. Hal ini karena produksi hanya memenuhi pesanan saja tanpa mempertimbangkan beban yang bekerja. Untuk itu perlu adanya standar desain konstruksi yang baku sehingga kualitas produk terjamin. Pada penelitian ini diberikan desain U-ditch dan cover sesuai SNI 1725: 2016 sebagai standar desain seperti digambarkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas disarankan pemakaian SNI 1725: 2016 sebagai standar desain dan analisis U-ditch produk lokal.

6. SITASI DAN DAFTAR PUSTAKA

- [1] Titin Sundari & Fatma Ayu Nuning Farida Afiatna, *Analisis Kekuatan U-ditch Pracetak untuk Meningkatkan Daya Saing Produk Lokal*, Seminar Nasional SAINSTEKNOPAK Ke-5, LPPM Unhasy Tebuireng Jombang, 2021.
- [2] Erwin Erwin Syaiful Wagola dkk, *Kapasitas Lentur Saluran Drainase Beton Pracetak (U-ditch)*, J. Sains & Teknologi, Vol. 6 No. 1, Juni 2017 : Halaman 99 – 103.
- [3] Erwin Syaiful Wagola dkk, *Komparasi Kapasitas Lentur Saluran Drainase Beton Pracetak (U-DITCH) Tipe Normal dan Inovasi*, Journal of Science and Technology, Volume 1(1), 2020 : Halaman 29-38
- [4] Rudy Djamaluddin dkk, *Studi Komparasi Kapasitas Lentur U-ditch Pracetak Produk Lokal dengan Produk Jepang*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016
- [5] Standar Nasional Indonesia (SNI), 2015, *Pembebanan untuk Jembatan*. SNI 1725: 2016.
- [6] Antonius, *Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019*, Cetakan Pertama, Unissula Press Semarang, 2021 : Halaman 11.
- [7] Standard Nasional Indonesia (SNI), 2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847: 2019.
- [8] Anugrah Pamungkas & Erni Hariyanti, *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Andi Yogyakarta, 2013 : Halaman 3
- [9] Asroni Ali, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Cetakan Pertama, Graha Ilmu Yogyakarta, 2010 : Halaman 194
- [10] Standar Nasional Indonesia (SNI). 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847: 2013