

## **REVIEW DESAIN BOX UTILITAS 1,5 X 1,5 DAN U-DITCH 2,0 X 2,0 PAKET I.4 - PEMBANGUNAN JALAN KAWASAN INDUSTRI TERPADU (KIT) BATANG**

**Tisara Sita\*, Dian Rusmanawati, Wishnu Satria Arimurti**  
Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Tengah-DI Yogyakarta

\*Email: tisarasita@pu.go.id

### **Abstrak**

Pelaksanaan proyek merupakan tahap penting karena merealisasikan hasil dari tahap perencanaan. Paket I.4 Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang meliputi pekerjaan saluran drainase dengan *u-ditch* dan *box* utilitas. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk melakukan review desain dan menguji keamanan terhadap detail struktur *u-ditch*. Tinjauan desain didasarkan pada SNI 2847:2019 dengan analisis variabel tanah dan beban yang dilakukan secara manual lewat perangkat Excel serta analisis tegangan menggunakan Abaqus. Hasil menunjukkan bahwa beban dominan pada struktur adalah tekanan lateral tanah. Kapasitas momen struktur adalah 72,1 kNm, sementara beban yang bekerja hanya 18,7 kNm, sehingga struktur dinding *u-ditch* dengan asumsi kantilever aman terhadap momen. Analisis pada *u-ditch* mengindikasikan kapasitas geser sebesar 35,2 kN, sedangkan beban yang bekerja 24,9 kN, menghasilkan angka keamanan 0,71, yang menunjukkan kondisi aman. Pada *box* utilitas, kapasitas geser sebesar 15,1 kN dengan beban bekerja 14,6 kN menghasilkan angka keamanan 0,97, yang masih tergolong aman meski mendekati batas. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa struktur *u-ditch* dan *box* utilitas aman terhadap momen dan geser.

**Kata kunci:** review desain, *box* utilitas, *u-ditch*

### **Abstract**

*Project execution is a crucial phase, as it represents the realization of the planning stages. Package I.4 Development of the Batang Integrated Industrial Area (KIT) Road includes the construction of drainage channels using u-ditch systems and utility boxes. The purpose of this paper is to review the design and evaluate the safety aspects of the U-ditch structure. The design review is based on SNI 2847:2019, with soil and load variable analysis conducted manually using Excel, and stress analysis performed using Abaqus. The results show that the dominant load on the structure is lateral soil pressure. The structural moment capacity is 72.1 kNm, while the applied load is only 18.7 kNm, indicating that the u-ditch wall structure, assuming a cantilever design, is safe against moments. The u-ditch analysis indicates a shear capacity of 35.2 kN, with an applied load of 24.9 kN, resulting in a safety factor of 0.71, which is within a safe range. For the utility box, the shear capacity is 15.1 kN, with an applied load of 14.6 kN, yielding a safety factor of 0.97, which is still considered safe, although it is approaching the limit. In conclusion, both the u-ditch and utility box structures are safe in terms of both moments and shear.*

**Keyword:** review design, utility box, *u-ditch*

## **1. PENDAHULUAN**

Pelaksanaan proyek adalah sebuah tahap penting, tahap ini merupakan bagian dari realisasi tahap-tahap sebelumnya yakni tahap perencanaan. Dalam tahap ini diperlukan kerja sama dan koordinasi dari semua pihak terkait baik pemberi tugas, perencana, pengawas, dan kontraktor. Kerja sama yang baik dapat menghasilkan suatu kerja yang efektif, efisien, dan sesuai dengan desain terutama dalam pengaturan sumber daya yang ada, terlebih lagi untuk proyek skala besar seperti Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang. KIT Batang merupakan proyek mega industri yang dicanangkan untuk menyokong kebutuhan infrastruktur korporasi guna mendorong pertumbuhan ekonomi regional. Proyek ini dibagi ke dalam 7 paket; dengan Paket I.4 sebagai tinjauan penelitian.

Pada Paket I.4-Pembangunan KIT Batang, pekerjaan saluran drainase dengan *box* utilitas menggunakan saluran *u-ditch*. Sesuai *detailed engineering design* (DED), elevasi *box* utilitas ukuran 1,5x1,5 berada 45 cm di bawah tanah timbunan, sedangkan pada DED Paket I.1.B elevasi *box* utilitas ukuran 1,5x1,5 berada 2,79 m di bawah tanah timbunan. Pembesian *box* antara paket I.4 dengan paket I.1.B memiliki desain yang sama. Sesuai DED, pada tipikal potongan melintang *main road* dengan lebar 42 (lebih lanjut direferensikan sebagai MR42) terdapat saluran *u-ditch* ukuran 2,0x2,0. Namun gambar detail saluran tersebut tidak ada. Oleh karena itu, diperlukan adanya review desain terkait *box* utilitas ukuran 1,5x1,5 dan usulan desain *u-ditch* Ukuran

2,0x2,0. Lebih lanjut *paper* ini mengeksplorasi perhitungan keamanan struktur tinjauan sesuai dengan SNI 2847:2019.

Analisis dalam penelitian ini menggunakan piranti lunak Abaqus yang umum digunakan untuk memodelkan unsur dengan basis metode elemen hingga; salah satu bentuk dari pemodelan adalah tanah sebagai material elastis. Selain itu, berbagai pemodelan pembebanan yang sudah sesuai dengan ketentuan SNI 1727:2020.

## 2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dalam bentuk tinjauan desain. Analisis memeriksa kesesuaian teknis di lapangan dengan SNI 2847:2019. Perhitungan cara manual secara matematis dan teoritis menggunakan bantuan Microsoft Excel, sementara verifikasi lewat perangkat lunak Abaqus untuk melihat diagram tegangan yang terjadi. Analisis manual dengan Excel memperhitungkan kapasitas aksial, momen, dan geser dari tiap sisi penampang, serta melihat keamanan dari tiap kombinasi beban yang terjadi. Analisis dengan Abaqus dilakukan dengan metode 2D *plane strain* dengan elemen *quadratic*, dan melihat tegangan yang terjadi tanpa adanya kombinasi beban. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan visualisasi tegangan yang terjadi dan memeriksa apakah ada tegangan yang besarnya melebihi tegangan tarik tulangan maupun tegangan tekan beton.

Tinjauan yang digunakan pada proyek Paket I.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang, pekerjaan saluran drainase dengan *box* utilitas menggunakan saluran *u-ditch* dengan ukuran sebagai berikut.

1. Saluran Bentuk U : 2.0 m x 2.0 m
2. Saluran Bentuk U Tipe DS-4 (tanpa tutup) : 0.8 m x (0.65 m – 1.05 m) dan Tipe DS-4a (dengan tutup)

Sedangkan untuk *box* utilitas direncanakan dengan ukuran sebagai berikut.

1. *Box* Utilitas Jalan Utama (MR.42) : 1.5 m x 1.5 m dan Sekunder (S.26)
2. *Box* Utilitas *Crossing* : 2.0 m x 2.0 m
3. *Box* Saluran : Variasi (3 m x 2 m, 2 m x 5 m x 5 m, 3 m x 5 m x 5 m)

Mutu beton yang digunakan adalah  $f_c' = 20$  MPa, pada perencanaan saluran *u-ditch* akan dikerjakan secara insitu dan juga diproduksi secara *precast* di lapangan lalu di-*install* dengan menggunakan alat *Mounted Truck Crane*.

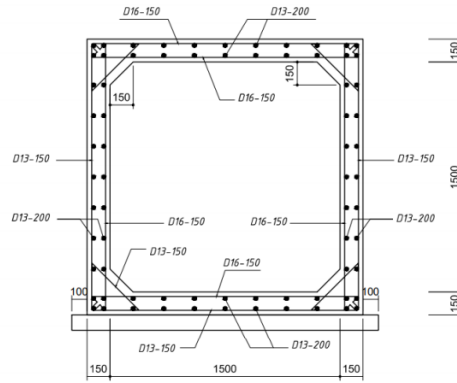
### 2.1. Lokasi Penelitian

Paket I.4-Pembangunan Jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang berlokasi di Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah, seperti terlihat pada Gambar 1.

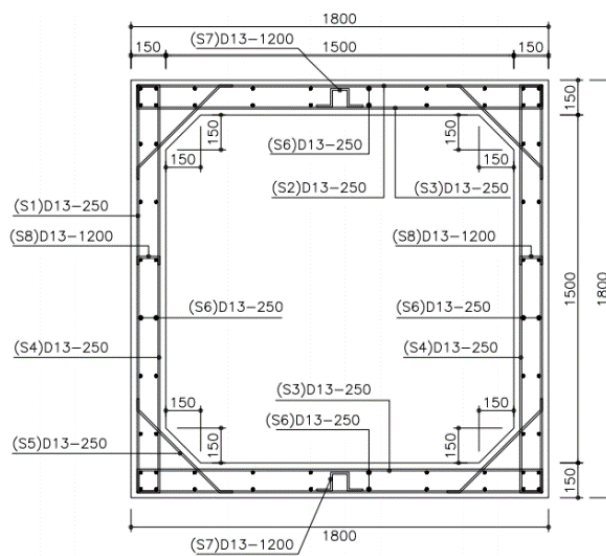


Gambar 1. Lokasi proyek paket I.4-pembangunan jalan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang.

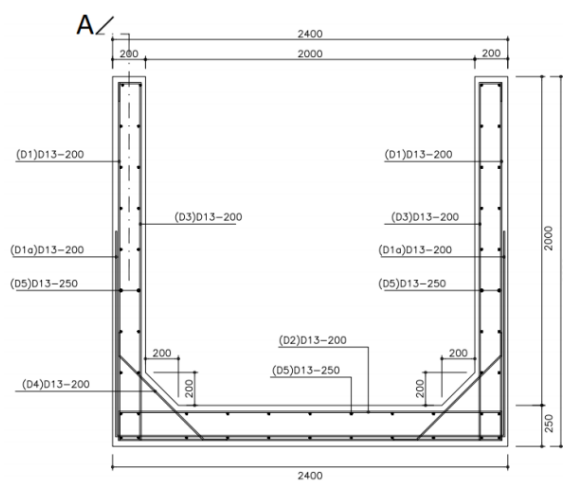
Data yang digunakan untuk analisis ini adalah *cross section* dari *u-ditch* dan posisinya di lapangan. Mutu beton yang digunakan adalah 20 MPa dan mutu baja tulangan adalah 420 MPa. Gambar 2 menunjukkan DED *box* utilitas, sedangkan review desain *box* utilitas dapat diamati pada Gambar 3 dan usulan desain *u-ditch* pada Gambar 4. Gambar 5 menunjukkan konfigurasi lapangan *u-ditch* dan *box* utilitas.



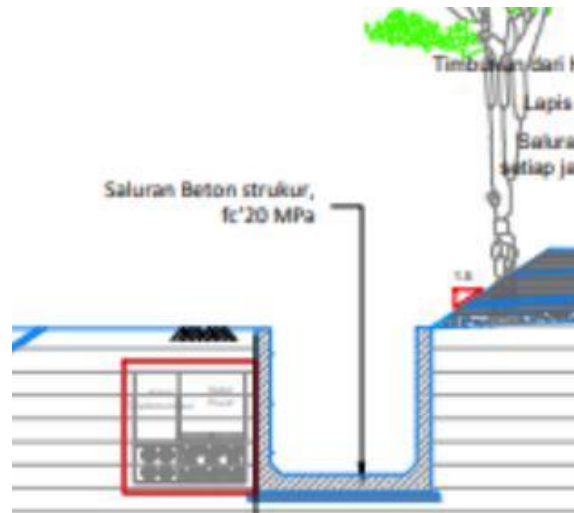
Gambar 2. DED *box* utilitas.



Gambar 3. Review desain *box* utilitas.



Gambar 4. Usulan desain *u-ditch*.



Gambar 5. Konfigurasi lapangan.

Terkait pembebanan dan penghitungan kapasitas, perlu dilakukan beberapa asumsi. Asumsi yang dilakukan antara lain adalah asumsi terkait tanah, dan asumsi terkait baja tulangan. Asumsi terkait tanah mempengaruhi beban tekanan yang diberikan oleh tanah, diasumsikan bahwa tanah memiliki berat sendiri sebesar 2.65 t/m<sup>3</sup> dan sudut gesek dalam sebesar 35°. Untuk pemodelan pada Abaqus, diasumsikan juga bahwa tanah memiliki nilai modulus young sebesar 120 MPa. Asumsi terkait sifat tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Asumsi terkait sifat tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau Organik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,28

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
Kerikil kepasiran	2,65-2,68
Kerikil kerakal	2,65-2,68
Pasir padat	2,62-2,68
Pasir lepas	2,58-2,65
Lempung kedalaman	2,68-2,75
Lempung	1,37

Sumber Buku : Buku Mekanika Tanah Jilid 1 (Braja M. Das, 1998)

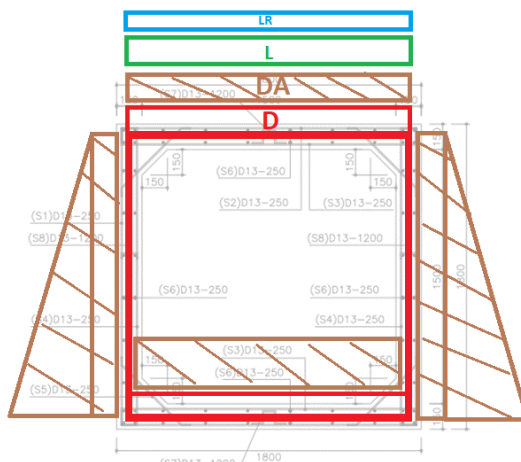
USCS	Description	Loose	Medium	Dense
GW, SW	Gravels/Sand well-graded	30-80	80-160	160-320
SW	Sand uniform	10-30	30-50	50-80
GM, SM	Sand/Gravel silty	7-12	12-20	20-30

Sumber : The Hardening Soil Model - A Practical Guidebook (Obzurd & Truty, 2012) compiled from Handbook of Soil Mechanics (Kezdi, 1974), and La modelisation des ouvrages (Prat et al., 1995)

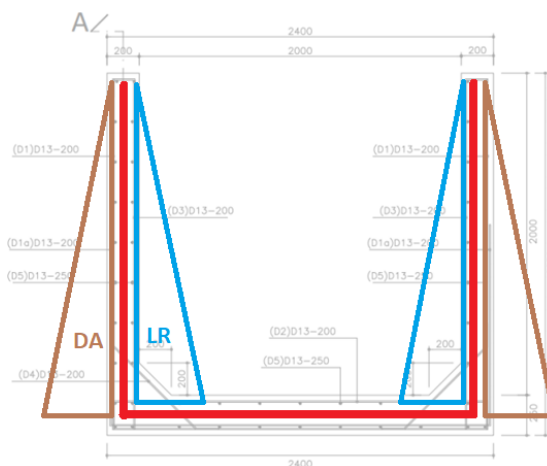
Asumsi terkait baja tulangan mempengaruhi kapasitas yang dimiliki oleh struktur. Diasumsikan bahwa jarak dari tepi beton terluar ke as tulangan (d) adalah 40 mm. Diasumsikan juga bahwa Fyt (kuat leleh geser) tulangan adalah sebesar 0,6 Fy, yaitu 252 MPa. Angka 0,6 diambil dari SNI 1729:2020 pada bagian penghitungan geser, dimana nilai Fy direduksi dengan faktor 0,6 sebelum dikalikan dengan luas bidang geser.

### 2.3. Pembebanan

Identifikasi dari beban yang bekerja pada struktur terjadi beban-beban seperti sketsa pada Gambar 6. Sketsa beban yang bekerja pada *box* utilitas dan Gambar 7. Sketsa beban yang bekerja pada *u-ditch*.



Gambar 6. Sketsa beban yang bekerja pada *box* utilitas.



Gambar 7. Sketsa beban yang bekerja pada *u-ditch*.

Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pada *box* utilitas bekerja beban berat sendiri, beban hidup dari pejalan kaki, beban hujan pada permukaan, dan beban tekanan tanah. Pada *u-ditch* beban yang bekerja adalah tekanan tanah dan tekanan air. Pada *u-ditch* beban berat sendiri dan beban hidup hanya berpengaruh kecil terhadap keamanan struktur sehingga bisa diabaikan. Beban pejalan kaki digunakan 5 kPa sesuai SNI 1725:2016.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pemeriksaan Syarat Penulangan

Perbandingan syarat-syarat penulangan yang ditinjau dan usulan desain dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan usulan desain dan syarat SNI *u-ditch*

Syarat	SNI	Usulan Desain
Luas tulangan longitudinal		
- Dinding bawah	480	1858,25
- Dinding samping	444	2123,72
Luas tulangan transversal		
- Dinding bawah	800	1990,98
- Dinding samping	740	1990,98
Spasi minimum	52	250
Spasi maksimum	450	250

Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa penulangan *u-ditch* sudah sesuai dengan syarat SNI.

### 3.2. Box Utilitas

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, dapat dilihat bahwa *review* desain *box* utilitas berbeda dengan DED dikarenakan jarak antar tulangan yang lebih renggang dan beberapa diameter yang lebih kecil. Selain hal tersebut, penulangan masih sesuai dengan syarat SNI.

Tabel 3. Perbandingan DED dan review desain *box* utilitas

Tulangan	DED			Review Desain		
	Jumlah	Jumlah	Diameter	Jumlah	Diameter	Jarak
Longitudinal Atas	0	D13	200	0	D13	250
Longitudinal Bawah	0	D13	200	0	D13	250
Longitudinal Samping	0	D13	200	0	D13	250
Transversal Atas Luar	6	D16	150	4	D13	250
Transversal Atas Dalam	6	D16	150	4	D13	250
Transversal Bawah Luar	6	D13	150	4	D13	250
Transversal Bawah Dalam	6	D16	150	4	D13	250
Transversal Samping Luar	6	D13	150	4	D13	250
Transversal Samping Dalam	6	D16	150	4	D13	250
Diagonal	24	D13	150	16	D13	250
Sengkang				3,33	D13	1200

Tabel 4. Perbandingan *as built* dan syarat SNI *box* utilitas

Syarat	SNI	Usulan Desain
Luas tulangan longitudinal		
- Dinding bawah	270	1592,79
- Dinding samping	270	1592,79
Luas tulangan transversal		
- Dinding bawah	450	1061,86
- Dinding samping	450	1061,86
Spasi minimum	52	250
Spasi maksimum	450	250

### 3.3. Penghitungan Beban yang Bekerja

Dinding *u-ditch* bekerja sebagai struktur kantilever, sehingga momen dan geser terpusat pada bagian bawah struktur. Beban yang bekerja pada *u-ditch* dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan kombinasi pembebanan *u-ditch* dapat diamati pada Tabel 6. Beban yang bekerja pada *box* utilitas dapat dilihat pada Tabel 7, sedangkan kombinasi pembebanan *box* utilitas dapat diamati pada Tabel 8.

Tabel 5. Beban yang bekerja pada *u-ditch*

Beban Mati Tambahan (DA)			Beban Hujan (Lr)		
<b>Tekanan Tanah</b>			<b>Tekanan Tanah</b>		
Asumsi $\phi$ tanah	35	deg	Berat Air	9,81	kN/m <sup>3</sup>
- $K_a$	0,271		Tekanan pada atas	0	kN/m
- $K_p$	3,690		Tekanan pada dasar	22,07	kN/m
Asumsi berat tanah	26,00	kN/m <sup>3</sup>			
<b>Tekanan pada dasar</b>	<b>15,85</b>	kN/m			
<b>Shear</b>			<b>Shear</b>		
Pada atas	0,00	kN	Pada atas	0,00	kN
Pada bawah	17,832	kN	Pada bawah	-24,832	kN
<b>Momen</b>			<b>Momen</b>		
Pada bawah	-13,374	kNm	Pada bawah	-18,624	kNm

\*Perhitungan dilakukan untuk tiap 1 meter tebal struktur dinding samping

Tabel 6. Kombinasi pembebanan *u-ditch*

D	DA	L	Lr	Dinding Samping	
1,4	1,4	0,0	0,0	Vu	24,965 pada bawah
				Mu	-18,724 pada bawah
1,2	1,2	1,6	1,6	Vu	-18,332 pada bawah
				Mu	13,749 pada bawah
	Max/Ultimit			Vu	24,965 pada bawah
				Mu	18,724 pada bawah

Dinding *box* bekerja sebagai struktur *simple-beam*, sehingga momen terbesar berposisi pada suatu posisi dengan elevasi tertentu pada struktur.

Tabel 7. Beban yang bekerja pada *box* utilitas

Berat Sendiri Struktur (D)				Beban Hidup (L)			
Dinding Atas		Dinding Samping		Dinding Atas		Dinding Atas	
<b>Beban Merata</b>	3,600	kN/m	<b>Beban Merata</b>	3,600	kN/m	<b>Beban Pejalan Kaki</b>	
<b>Momen</b>			<b>Axial</b>			besar beban	5 kPa
pada x = 825 mm	<b>1,225</b>	<b>kNm</b>	sendiri	1,458	kN		5 kN/m
<b>Shear</b>			dinding atas	2,970	kN	<b>Momen</b>	
pada x = 0 mm (as)	2,970	kN	Total	<b>4,428</b>	<b>kN</b>	pada x = 825 mm	<b>1,702 kNm</b>
pada x = 75 mm	<b>2,700</b>	<b>kN</b>	<b>Dinding Bawah</b>		<b>Shear</b>		
pada x = 225 mm	<b>2,160</b>	<b>kN</b>	Beban yang terjadi tertahan langsung oleh tanah		pada x = 0 mm (as)	4,125	kN
pada x = 825 mm	0,000	kN			pada x = 75 mm	<b>3,750</b>	<b>kN</b>
					pada x = 225 mm	<b>3,000</b>	<b>kN</b>
					pada x = 825 mm	0,000	kN
					<b>Dinding Samping</b>		
					<b>Axial</b>		
					dinding atas	<b>4,125</b>	<b>kN</b>
Berat Mati Tambahan (DA)				Beban Hidup		Beban Hujan (Lr)	
Dinding Atas		Dinding Samping		Dinding Atas		Dinding Atas	
<b>Beban Tanah</b>			<b>Tekanan Tanah</b>			<b>Beban Hujan</b>	
<b>asumsi berat tanah</b>	26,00	kN/m <sup>3</sup>	Asumsi $\phi$ tanah	35	deg	Tebal hujan	20 Mm
	3,899	kN/m	Ka	0,271			0,1962 kN/m
<b>Momen</b>			Kp	3,690		<b>Momen</b>	
pada x = 825 mm	1,327	kNm	Asumsi berat tanah	26,00	kN/m <sup>3</sup>	pada x = 825 mm	<b>0,067 kNm</b>
<b>Shear</b>			<b>Tekanan pada atas</b>	<b>3,17</b>	<b>kN/m</b>	<b>Shear</b>	
pada x = 0 mm (as)	3,217	kNm	<b>Tekanan pada dasar</b>	<b>15,85</b>	<b>kN/m</b>	pada x = 0 mm (as)	0,162 kN
pada x = 75 mm	<b>2,925</b>	<b>kN</b>	<b>Axial</b>	<b>3,217</b>	<b>kN</b>	pada x = 75 mm	<b>0,147 kN</b>
pada x = 225 mm	<b>2,340</b>	<b>kN</b>	<b>Shear</b>			pada x = 225 mm	<b>0,118 kN</b>
pada x = 825 mm	0,000	kN	pada atas	<b>-6,657</b>	<b>kN</b>	pada x = 825 mm	0,000 kN
<b>Axial</b>			pada bawah	<b>10,462</b>	<b>kN</b>	<b>Dinding Samping</b>	
Dari dinding	<b>6,657</b>	<b>kN</b>	0 pada x <sup>****</sup>	0,997	<b>m dari atas</b>	<b>Axial</b>	
			<b>Momen</b>			dinding atas	<b>0,162 kN</b>
<b>Dinding Bawah</b>			pada x = 997 mm	<b>3,898</b>	<b>kNm</b>		
<b>Axial</b>							
Dari dinding	10,462	kN					

Tabel 8. Kombinasi pembebanan *box* utilitas

D	DA	L	Lr		Dinding Samping	Dinding Bawah	Dinding Samping
				Pu	9,320	14,646	10,703
1,4	1,4	0,0	0,0	Vu	7,874 pada x = 75 mm	0,000	9,320 pada atas
					6,300 pada x = 225 mm	0,000	14,646 pada bawah
				Mu	3,573 pada x = 825 mm	0,000	5,475 pada x = 997 mm
				Pu	7,989	12,554	15,855
1,2	1,2	1,6	1,6	Vu	12,823 pada x = 75 mm	0,000	7,989 pada atas
					10,258 pada x = 225 mm	0,000	12,554 pada bawah
				Mu	5,818 pada x = 825 mm	0,000	4,678 pada x = 997 mm
				Pu	7,989	12,554	13,558
1,2	1,2	1,6	1,6	Vu	10,735 pada x = 75 mm	0,000	7,989 pada atas
					8,588 pada x = 225 mm	0,000	12,554 pada bawah
				Mu	4,871 pada x = 825 mm	0,000	4,678 pada x = 997 mm
				Pu	<b>9,320</b>	<b>14,646</b>	<b>15,855</b>
				Max/Ulimit Vu	<b>12,823</b> pada x = 75 mm	<b>0,000</b>	<b>9,320</b> pada atas
					<b>10,258</b> pada x = 225 mm	<b>0,000</b>	<b>14,646</b> pada bawah
				Mu	<b>5,818</b> pada x = 825 mm	<b>0,000</b>	<b>5,457</b> pada x = 997 mm

### 3.4. Penghitungan Kapasitas dan Keamanan

Penghitungan keamanan hanya dilakukan pada dinding samping dikarenakan dinding bawah ditahan langsung oleh tanah sehingga tidak mengalami beban yang signifikan. Penghitungan kapasitas dan keamanan *u-ditch* dapat diamati pada Tabel 9.

Tabel 9. Penghitungan kapasitas dan keamanan *u-ditch*

Dinding Samping	
Kapasitas Geser (Komponen Diagonal dianggap non struktural)	
Kapasitas Geser	
Beton Vc	0,152 kN
Tulangan Vs	46,828 kN
$\phi Vn = \phi(Vc+Vs)$	<b>35,235 kN</b>
Kapasitas Geser (Komponen Diagonal dianggap struktural)	
Kapasitas Geser	
Beton Vc	0,304 kNS
Tulangan Vs	73,587 kN
$\phi Vn = \phi(Vc+Vs)$	<b>55,418 kN</b>
Kapasitas Momen	
Gaya Netral	39,1662 mm
Gaya-Gaya	
Gaya Tekan Beton	565,952 kN
Gaya Tekan Tulangan	-8,477 kN
Gaya Tarik Tulangan	-557,476 kN
Total Gaya	0,000 kN
<b>Kapasitas Axial <math>\phi Pn</math></b>	<b>0,000 kN</b>
Momen	
Momen Beton Tekan	12,746 kNm
Momen Tulangan Tekan	0,007 kNm
Momen Tulangan Tarik	67,362 kNm
Total Momen	80,115 kNm
<b>Kapasitas Momen <math>\phi Mn</math></b>	<b>72,103 kNm</b>
Faktor Reduksi	
$\epsilon_t$	0,0093
$\epsilon_{ty}$	0,0021
$\Phi$	0,9

Dihitung sebagai balok	
Cek Keamanan	
<b>Mu/φMn</b>	<b>0,2597</b>
<b>Vu/φVn</b>	<b>0,7085</b>
<b>Vu/φVn (dengan tul. diagonal)</b>	<b>0,4505</b>
<b>Aman</b>	

Berdasarkan Tabel 9, didapatkan bahwa kapasitas momen struktur adalah 72,1 kNm, dan beban yang bekerja hanya 18,7 kNm. Berdasarkan nilai tersebut, dapat dinyatakan bahwa struktur dinding *u-ditch* dengan asumsi kantilever aman terhadap momen. Berdasarkan Tabel 9, apabila komponen diagonal pada ujung bawah struktur tidak diperhitungkan (geser ditahan oleh 3 lapis tulangan), didapatkan bahwa kapasitas geser hanya sebesar 35,2 kN, sedangkan beban yang bekerja sebesar 24,9 kN, sehingga dapat dinyatakan aman dengan angka aman 0,71.

Apabila komponen diagonal pada struktur diperhitungkan sebagai komponen struktural (geser ditahan oleh 4 lapis tulangan), maka kapasitas geser meningkat menjadi 55,4 kN, di mana beban yang bekerja sebesar 24,9 kN, sehingga dapat dinyatakan bahwa struktur aman terhadap geser.

### 3.5. Box Utilitas

Penghitungan keamanan hanya dilakukan pada dinding samping dan atas dikarenakan dinding bawah ditahan langsung oleh tanah sehingga tidak mengalami beban yang signifikan. Dimensi dari dinding atas dan bawah juga sama, sehingga nilai kapasitas *box* utilitas hanya akan dihitung dalam satu tabel, seperti terlihat pada Tabel 10. Penghitungan keamanan *box* utilitas dapat diamati pada Tabel 11.

Tabel 10. Penghitungan kapasitas *box* utilitas

Dinding Samping & Atas			
Kapasitas Axial		Kapasitas Momen	
Luas Penampang		Garis netral	26,572 mm
Beton Axial	150000 mm <sup>2</sup>	Gaya-gaya	
Tulangan Luar	530,93 mm <sup>2</sup>	Gaya Tekan Beton	383,968 kN
Tulangan Dalam	530,93 mm <sup>2</sup>		-
Kapasitas Axial		Gaya Tekan Tulangan	160,978 kN
Beton Axial	2250 kN		
Tulangan Luar	222,990 kN	Gaya Tarik Tulangan	222,990 kN
Tulangan Dalam	200,691 kN	<b>Total Gaya</b>	<b>0,000 kN</b>
<b>Kapasitas Axial φPn</b>	<b>2676,313 kN</b>	<b>Kapasitas Axial φPn</b>	<b>0,000 kN</b>
<b>Kapasitas Geser (Komponen Diagonal Dianggap non Struktural)</b>		Momen	
Kapasitas Geser		Momen Beton Tekan	5,867 kNm
Beton Vs	0,114 kN	Momen Tulangan Tekan	2,162 kNm
Tulangan Vs	20,069 kN	Momen Tulangan Tarik	18,604 kNm
<b>φVn = φ(Vc+Vs)</b>	<b>15,137 kN</b>	Total Momen	26,632 kNm
<b>Kapasitas Geser (Komponen Diagonal Dianggap Struktural)</b>		Kapasitas Momen φMn	23,969 kNm
Kapasitas Geser		<b>Faktor Reduksi</b>	
Beton Vc	0,228 kN	εt	0,0094
Tulangan Vs	34,768 kN	εty	0,0021
<b>φVn = φ(Vc+Vs)</b>	<b>26,261 kN</b>	φ	0,9
<b>Dihitung Sebagai Balok</b>			

Tabel 11. Penghitungan keamanan *box* utilitas

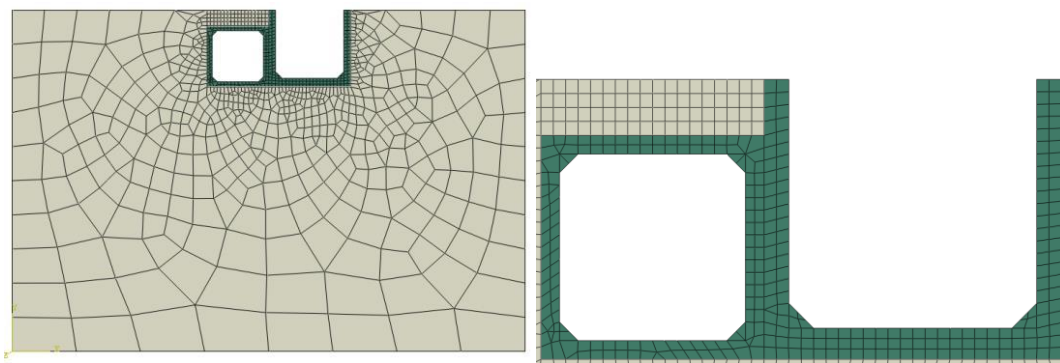
Dinding Atas		Dinding Samping	
Cek Keamanan		Cek Keamanan	
<b>Pu/φPn</b>	<b>0,0035</b>	<b>Pu/φPn</b>	<b>0,0059</b>
<b>Mu/φMn</b>	<b>0,2428</b>	<b>Mu/φMn</b>	<b>0,2277</b>
<b>Vu/φVn</b>	<b>0,8471</b>	<b>Vu/φVn</b>	<b>0,9675</b>
<b>Vu/φVn (dengan tul. diagonal)</b>	<b>0,4883</b>	<b>Vu/φVn (dengan tul. diagonal)</b>	<b>0,5577</b>
<b>Aman</b>		<b>Aman</b>	

Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan bahwa kapasitas momen struktur adalah 23,9 kNm, dan beban yang bekerja hanya 5,8 kNm. Berdasarkan nilai tersebut, dapat dinyatakan bahwa struktur dinding *box* utilitas dengan asumsi kantilever aman terhadap momen. Berdasarkan tabel tersebut, apabila komponen diagonal pada ujung bawah struktur tidak diperhitungkan (geser ditahan oleh 2 lapis tulangan), didapatkan bahwa kapasitas geser hanya sebesar 15,1 kN, dimana beban yang bekerja sebesar 14,6 kN. Hal ini masih tergolong aman namun angka keamanan yang dihasilkan juga mendekati 1 (0,97).

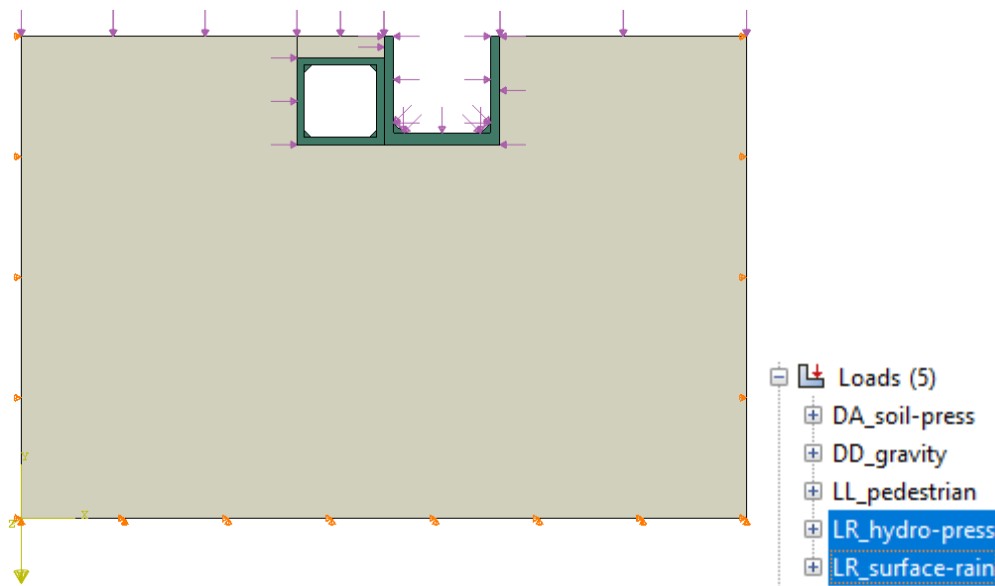
Namun, apabila komponen diagonal pada struktur diperhitungkan sebagai komponen struktural (geser ditahan oleh 3 lapis tulangan), maka kapasitas geser meningkat menjadi 26,3 kN, dimana beban yang bekerja sebesar 14,6 kN. Sehingga dapat dinyatakan bahwa struktur aman terhadap geser.

### 3.6. Analisis Abaqus

Pemodelan Abaqus dilakukan semirip mungkin dengan kondisi lapangan, sehingga *u-ditch* dan *box* utilitas digabungkan menjadi satu model. Analisis dilakukan dengan kondisi statik tanpa faktor kombinasi beban. Dilakukan dua buah analisis, dengan beban air dan tanpa beban air. Pemodelan dapat dilihat pada Gambar 8. *Meshing* struktur pada Abaqus (*meshing* struktur pada Abaqus), Gambar 9. Pembebanan pada Abaqus (pembebanan pada Abaqus), Gambar 10. Hasil analisis tegangan tanpa beban air (hasil analisis tegangan tanpa beban air), dan Gambar 11. Hasil analisis tegangan dengan beban air (hasil analisis tegangan dengan beban air).

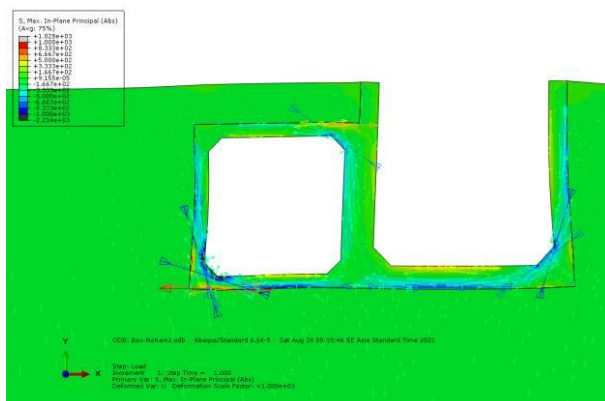


Gambar 8. *Meshing* struktur pada Abaqus.

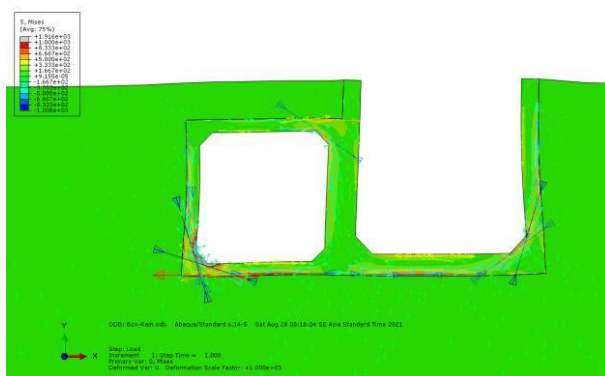


Gambar 9. Pembebanan pada Abaqus.

Hasil dari pemodelan berupa kontur tegangan yang terjadi. Dapat dilihat bahwa tidak ada tegangan signifikan yang terjadi pada struktur, sehingga secara tegangan struktur dapat dinyatakan aman.



Gambar 10. Hasil analisis tegangan tanpa beban air.



Gambar 11. Hasil analisis tegangan dengan beban air.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan Abaqus serta proses *cross-reference* dengan manual yang menjadi rujukan, *review* desain ini memberikan kesimpulan lewat poin-poin berikut:

- a. Beban dominan pada struktur adalah tekanan lateral tanah;
- b. Struktur *u-ditch* aman terhadap momen maupun geser;
- c. Struktur *box* utilitas aman terhadap momen maupun geser.

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disarankan untuk:

- a. Dipastikan parameter beban lateral tanah yang sesungguhnya terjadi pada lapangan apabila diperlukan, dikarenakan pembebanan pada laporan ini masih menggunakan asumsi;
- b. Dipastikan bahwa komponen diagonal pada pojok struktur bersifat struktural dan benar memiliki tulangan karena dapat membantu menahan gaya geser secara signifikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI 1725:2016 *Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional. 75 hlm
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 *Persyaratan Beton Struktural*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional. 720 hlm
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. SNI 1727:2020 *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional. 336 hlm
- Badan Standardisasi Nasional. 2020. SNI 1729:2020 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional. 311 hlm
- Braja M, Das. *Mekanika Tanah 1*. 1998. Jakarta: Erlangga.
- Obrzud R. & Truty, A. The Hardening Soil Model - A Practical Guidebook. Z Soil.PC 100701 Report, Revised 31.01.2012
- Kezdi, A. 1974. *Handbook of Soil Mechanics*. Elsevier. Amsterdam.
- Prat, M., Bisch, E., Millard, A., Mestat, P., and Cabot, G. 1995. *La modelisation des ouvrages*. Hermes. Paris.