

Analisa Penentuan Silinder Hidrolik Pada Kondisi Optimum Pintu Penguras Kolam Pasir PLTA Batang Agam

Riza Muharni¹, Dythia Septi Kesuma², Femi Earnestly³

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat^{1,2,3}
Email: rizamuharni12@gmail.com¹, dythia@gmail.com², femiumsmb@gmail.com³
DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2669>

Abstract: the batang agam hydroelectric power plant is a run of river type plant that has water purification stages before being used to turn a turbine generator. One of them is a sand pool that functions to deposit sand, mud and impurities carried by river water, where the drainage condition is currently experiencing some damage so it needs to be developed in the hoisting system of the fixed valve drain using a hydraulic lifting system and this requires initial analysis in the form of fixed valve loading at optimum conditions which then becomes the basis for determining the hydraulic cylinder.

The research methodology in this writing includes field observations accompanied by a literature review. With the data obtained, we then analyze the optimum load on the Batang Agam hydropower fixed valve drain to be a reference in planning hydraulic cylinders as a hoisting system for the Sand pool fixed valve drain.

From this final project, it can be concluded that the optimum load of the Batang Agam fixed valve drain at an elevation of 684.5 meters above sea level of 10472.95 kg equivalent to 10 tons is a conditional situation in the rainy season, and a medium load at an elevation of 683.7 meters above sea level of 9039.04 kg equivalent to 9 tons, Based on the calculation of hydraulic cylinder power at the optimum load obtained Ø cylindrical tube 360 mm, medium load obtained Ø cylindrical tube 320 mm.

Keywords: hydraulic cylinder, optimum load, fixed valve.

PENDAHULUAN

PLTA Batang Agam merupakan pembangkit dengan tipe *run of river* yang memiliki tahapan penjernihan air sebelum dimanfaatkan untuk memutar turbin generator.

Salah satunya adalah kolam pasir yang berfungsi mengendapkan pasir, lumpur dan pengotor yang terbawa air sungai. Peralatan dalam sistem kolam pasir meliputi saringan kolam pasir, dua kolam penampungan air, dua pintu outlet kolam pasir, saluran *flushing*, dan dua pintu penguras kolam pasir.

Kondisi pintu penguras saat ini tengah mengalami beberapa kerusakan meliputi bending dan korosi shaft/stem, slip pada gear box sehingga perlu dilakukan pengembangan pada sistem pengangkat pintu penguras kolam pasir menggunakan sistem pengangkat hidrolik sehingga diperlukan analisa awal berupa pembebanan pintu pada kondisi optimum yang selanjutnya menjadi dasar penentuan silinder hidrolik.

TINJAUAN PUSTAKA

SANDTRAP/Kolam Pasir

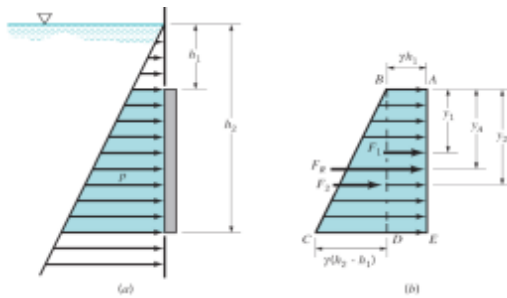
Fungsi utama sandtrap adalah menyaring dan mengurangi lumpur yang

terbawa aliran air sungai Batang Agam dengan metode penyaringan dan pengendapan air, sehingga diharapkan air yang sudah melewati kolam pasir /*sandtrap* kondisi bersih dari sampah rumah tangga dan kandungan lumpur rendah.

Kolam pasir/sandtrap PLTA Batang Agam memiliki kolam ganda (tandem). Panjang efektif sandtrap sepanjang 36,2 m dengan Panjang saluran antara di hulu sebesar 20 m dan di hilir sebesar 10m. lebar dasar sisi dalam sebesar 10,4 m dan kemiringan dasar kolam sebesar 0,02°. Kapasitas tampungan sedimen di kolam sandtrap mampu menampung 100.000 m³ dan memiliki mercu pelimpah setengah lingkaran dengan mercu pelimpah berada pada elevasi +683,60 mdpl (meter dari permukaan laut).

Gaya Hidrostatik Pada Bidang Terendam

Secara aktual di lapangan pada model pintu fixed gate, gaya yang bekerja pada pintu air dapat dilihat pada skema gaya berikut:



Gambar 1 Skema gaya pada pintu air terendam berdasarkan tingkat elevasi

$$F_s = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$$

Dimana :

- F_s : Gaya yang terjadi (N)
 ρ : Massa jenis air (kg/m^3)
 g : Gaya gravitasi bumi ($9,8 \text{ m}^2/\text{s}^2$)
 h : kedalaman ($h_2 - h_1$) (m)
 A : Luas penampang pintu

Perencanaan Pintu/Katup

Pemilihan alat pengangkat/hoisting system:

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk jenis pintu ini, adalah :

- Tipe lilitan kabel baja dengan penggerak motor listrik, tipe alat angkat ini paling banyak digunakan khususnya untuk pintu dengan ukuran sedang dan besar ($> 2,5 \times 2,5$ meter).
- Batang berulir (*Screw spindle*), dengan penggerak motor listrik atau manual. Tipe ini cocok untuk pintu-pintu kecil dan katup sorong. Sebaiknya tipe ini tidak dipakai untuk pintu dengan ketinggian angkat yang cukup tinggi karena agak sulit strukturnya.
- Tipe silinder hidrolik, tipe ini banyak digunakan untuk pintu/katup tekanan tinggi dan ditempat yang lokasinya sempit.

Perhitungan bagian – bagian Pintu

Dalam perencanaan Pintu perlu dilakukan kalkulasi dengan langkah sebagai berikut:

- Mengetahui spesifikasi teknik/kebutuhan desain.
Parameter minimal yang harus diketahui adalah tipe pintu, lebar/span pintu, tinggi pintu, desain head, dan tinggi air nominal.
- Menghitung gaya hidrostatik

Kalkulasi gaya hidrostatik sesuai dengan sub bab 2.2, mengenai gaya hidrostatik pada bidang terendam.

- Menghitung beban sedimen

$$P = C_e \cdot W_1 \cdot d$$

Dimana :

P : gaya horizontal akibat tekanan sedimen (tf/m^2)

C_e : faktor tekanan sedimen » (0,4 – 0,6)

W_1 : berat jenis sedimen (tf/m^3) » (1,5 – 1,8) (tf/m^3)

d : tinggi endapan sedimen (m)

- Menghitung beban angkat (*hoist*)

$$G = W \cdot F_s \cdot F_b$$

Dimana :

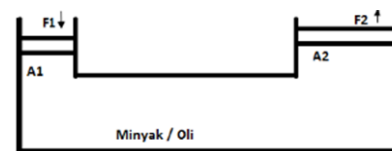
G : beban angkat (N)

W : Berat pintu (kg)

F_s : Beban gesek seal

F_b : Beban gesek sepatu luncur

Dasar sistem hidrolik



Gambar 2 Minyak dalam pipa menurut Hukum Paskal

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot r_2^2}{r_1^2}$$

Dimana :

F_2 : Gaya masuk

F_1 : Gaya keluar

r_1 : Jari – jari piston kecil

r_2 : Jari – jari piston besar

Komponen Silinder Hidrolik

- Piston Rod* (batang piston)

Batang piston merupakan baja pejal yang dalam silinder hidrolik berfungsi mentransfer daya hidrolik menjadi mekanik pada beban.

- Gland Bush*

berfungsi mempertahankan *seal gland* dan wadah untuk *wiper seal* juga sebagai pemandu/penopang batang piston untuk

tetap bergerak lurus sehingga meminimalisir simpangan gerakan batang piston.

c. *Rod Seal*

Yaitu material yang di disain untuk memberikan tingkat kerapatan tinggi sehingga tidak ada kebocoran fluida dari tabung silinder hidrolis sehingga tekanan kerja fluida menjadi optimal.

d. *Oil Port*

Komponen penghubung antara silinder dengan hose/selang fluida sehingga fluida bisa masuk ataupun keluar tabung silinder dengan aman/tanpa kebocoran.

e. *Main Shell/Cylinder Tube*

Tabung silinder dan dalam tabung ini terjadi perpindahan energi, yaitu energi kinetik fluida menjadi mekanik dimana kinetik fluida menekan *piston* dan dilanjutkan oleh gerak lurus batang piston menuju beban.

f. *Piston*

Komponen berbentuk lingkaran yang disatukan dengan batang piston, memiliki diameter sesuai dengan diameter dalam tabung silinder, piston terkena gaya kinetik fluida yang kemudian ditransfer ke batang piston dalam bentuk gerak mekanik.

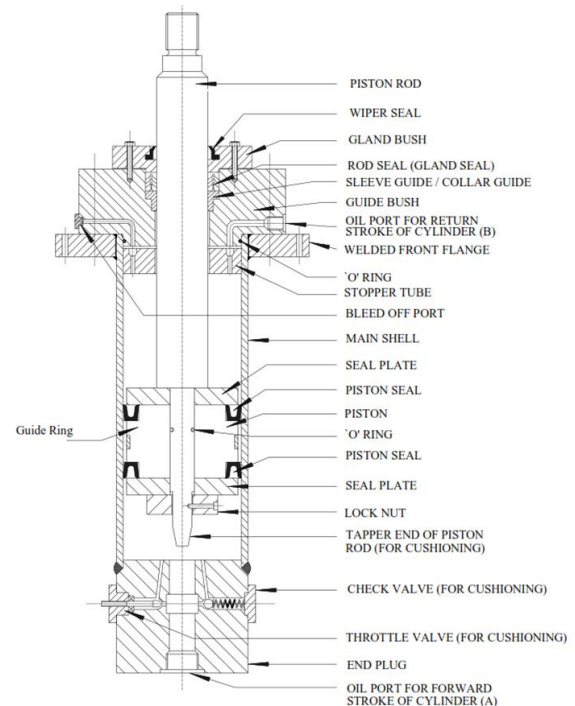
g. *Cushioning*

Sesuai dengan kondisi pada sistem hidrolis dimana pada kondisi kerja akan bergerak maju atau mundur dengan cepat dan menghentak di ujung langkah sehingga diperlukan perlambatan langkah. Hal ini diatasi dengan cara menambahkan saluran fluida yang dihubungkan dengan check valve.

h. *Cylinder Tube Flange*

Berbentuk lingkaran ataupun persegi dan dipadukan dengan silinder tube menggunakan metode las atau ulir, berfungsi sebagai dudukan/landasan silinder hidrolis.

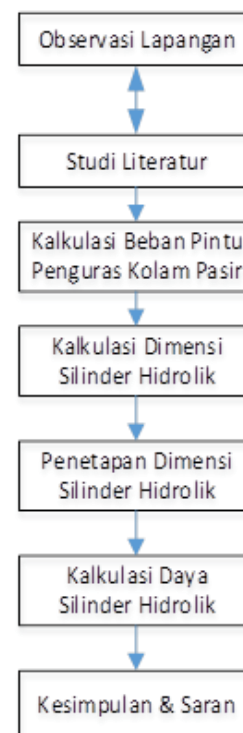
Ketika komponen ini terletak didepan silinder maka disebut *front-tube-flange* dan bila dibelakang disebut *end-plug-side*.



Gambar 3 Komponen pada Silinder Hidrolis
(Sumber: "Design and Manufacturing of Hydraulic Presses.": Q.S. Khan)

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini merupakan langkah – langkah untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, yaitu



Gambar 4 Diagram alir penelitian

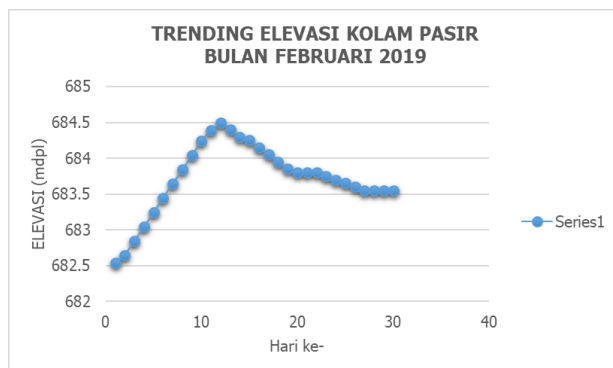
Data perencanaan

Dari observasi di Kolam Pasir PLTA Batang Agam khususnya pada peralatan Pintu Penguras diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Pintu Penguras Kolam Pasir PLTA Batang Agam

Pintu Penguras Kolam Pasir PLTA Batang Agam	
Tipe	Fixed wheel gate
Kuantitas	2 unit
Clear span	1,2 m
Clear height	1,5 m
Head design	5,15 m (WL 683,79 ~EL 678,64 m)
Beban sedimen	0,55 m
Deck elevation	+684,5 mdpl
Sill elevation	+678,64 mdpl
NWL elevation	+683,79 mdpl
Hoisting system	Spindle stem dengan motor listrik
Corrosion allowable	$\epsilon = 0,2$ cm
Main material	Plat pintu, frame pintu = SS400
Durasi open / close	$\pm 7,5$ menit / $\pm 7,5$ menit

Sumber: PLN PUSENLIS, 2018



Gambar 4 Grafik Trend data elevasi Kolam Pasir Bulan Februari 2019

Data elevasi pada bulan Februari tahun 2019 dapat menjadi acuan pada perencanaan silinder hidrolik karena pada bulan tersebut terdapat kondisi elevasi mencapai puncak tertinggi bahkan melebihi batas tampungan Kolam Pasir yaitu 684,5 mdpl dan elevasi medium yaitu 683,5 mdpl.

Tabel 2. Data Sampling Elevasi Kolam Pasir

DATA SAMPLING (mdpl)	KONDISI
682,54	Minimum
684,5	Optimum
683,8	Medium
683,7	Medium
683,55	Medium

Perhitungan beban Silinder Hidrolik

Dalam teori pintu air dimana hoisting system menerima beban angkat dari berat pintu (W), beban gesek seal (F_s), beban gesek sepatu luncur/roda (F_b), (Pusdiklat Sumber Daya Air Dan Konstruksi, 2017: 63).

Tabel 3. Perhitungan berat Pintu Air

Item Pintu Penguras	Berat (kg)
Frame	203,65
Plat pintu	222,34
Aksesoris pintu	50
Berat Total	475,99

Level titik tengah Pintu sebesar,

$$678,4 - \left(\frac{1,5}{2}\right) \text{ mdpl} = 679,39 \text{ mdpl}$$

Standar nilai massa jenis air (ρ) = 1000 kg/m³

Maka F_s dapat dikalkulasikan,

Elevasi 684,5 mdpl

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{h_2}{h_1} \cdot \rho_{air} \\ &= \frac{684,5}{679,39} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1008,63 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Kedalaman (h) = elevasi atas – elevasi titik tengah pintu

$$h = 684,5 - 678,64 \text{ m}$$

$$h = 5,86 \text{ m}$$

Luas penampang pintu (A) = 1,2 x 1,5 m

$$A = 1,8 \text{ m}^2$$

Dengan demikian,

$$F_s = \rho \cdot g \cdot h \cdot A \text{ N}$$

$$F_s = 1008,63 \text{ kg/m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 5,86 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}^2$$

$$F_s = 104262,99 \text{ N}$$

Tabel 4. Kalkulasi Gaya Pada Elevasi Data Sampling

DATA SAMPLING (mdpl)	LEVEL TITIK TENGAH PINTU (mdpl)	ρ air (kg/m ³)	ρ elevasi (kg/m ³)	g (m/s ²)	h (m)	A (m ²)	F_s (N)
1	2	3	4=(1/2)*3	5	6=1-2	7	8=4*5*6*7
682,54	678,64	1000	1005,75	9,80	3,9	1,8	69191,36
684,50	678,64	1000	1008,63	9,80	5,86	1,8	104262,99
683,80	678,64	1000	1007,60	9,80	5,16	1,8	91714,48
683,70	678,64	1000	1007,46	9,80	5,06	1,8	89923,92
683,55	678,64	1000	1007,24	9,80	4,91	1,8	87239,05

Beban silinder hidrolik pada elevasi 684,5 mdpl,

$$G = W + F_s$$

$$G = 475,99 \text{ kg} + 104262,99 \text{ N}$$

$$= ((475,99 \text{ kg} \times 0,1 \text{ kgf}) \times 9,8 \text{ N}) + 104262,99 \text{ N}$$

$$= 104729,47 \text{ N}$$

Tabel 5. Total beban silinder hidrolik

DATA SAMPLING	LEVEL TITIK TENGAH PINTU	G
(mdpl)	(mdpl)	N
1	2	8=4*5*6*7
682,54	678,64	69657,83
684,50	678,64	104729,47
683,80	678,64	92180,95
683,70	678,64	90390,39
683,55	678,64	87705,52

Perencanaan tabung/cylinder tube

Diketahui: $P = 100 \text{ bar} = \dots \text{ kg/cm}^2$
 Total beban (G) berdasarkan pada tabel 5

Konversi:

$$P = 100 \times 1,02 = 101,97 \text{ kg/cm}^2$$

Pada elevasi 684,5 mdpl, perencanaan diameter tabung silinder sebesar:

$$F = G$$

$$G = 104729,47 \text{ N}$$

$$= \frac{104729,47 \text{ N}}{10 \text{ kgf}}$$

$$= 10472,95 \text{ kg}$$

$$A = \frac{G}{P}$$

$$A = \frac{10472,95 \text{ kg}}{101,97 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A = 102,71 \text{ cm}^2$$

$$r = \frac{A}{2 \cdot \pi} \text{ mm}$$

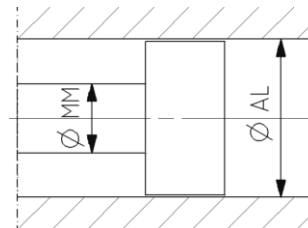
$$r = \left(\frac{102,71}{2 \cdot \pi} \right) \cdot 10 \text{ mm}$$

$$r = 163,54 \text{ mm}$$

$$d = 327,09 \text{ mm}$$

Tabel 6. Diameter Tabung Silinder Teoritis

DATA SAMPLING	P	G	A	r	d
(mdpl)	kg/cm2	kgf	cm2	mm	mm
1	2	3	4=3/2	5=4/(2*π)	6=2*5
682,54	101,97	6965,78	68,31	108,78	217,55
684,50	101,97	10472,95	102,71	163,54	327,09
683,80	101,97	9218,10	90,40	143,95	287,90
683,70	101,97	9039,04	88,64	141,15	282,31
683,55	101,97	8770,55	86,01	136,96	273,92



Gambar 5 Identifikasi dimensi Tabung Silinder dan Batang Piston

(Sumber: ISO 3320, 2013)

Tabel 7. Penentuan dimensi Tabung Silinder dan Batang Piston berdasarkan ISO3320:2013

DATA SAMPLING	d	Ø AL	Ø MM	A1	A2	φ
(mdpl)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)	
682,54	217,55	220	160	380	179	2,12
684,50	327,09	360	250	1018	527	1,93
683,80	287,90	320	220	804	424	1,90
683,70	282,31	320	220	804	424	1,90
683,55	273,92	280	200	616	302	2,04

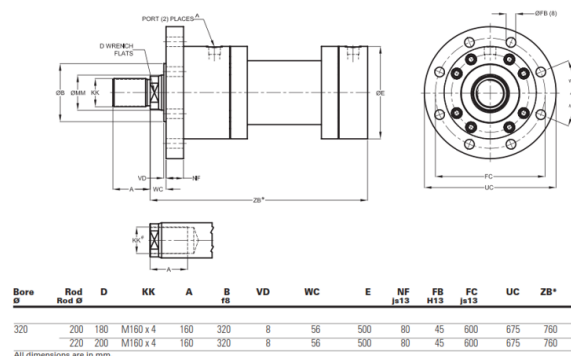
Keterangan:

A1	Area cylinder cap side (cm ²)
A2	Area cylinder rod side (cm ²)
φ	Area ratio

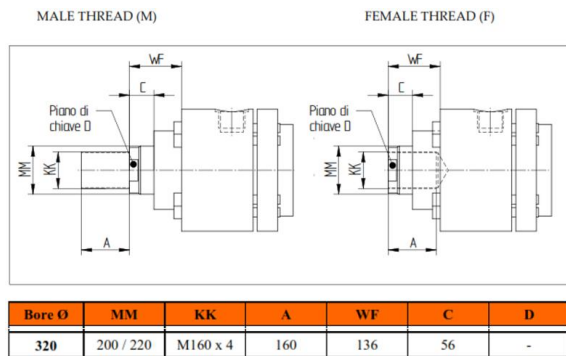
Pemilihan silinder hidrolik yang tersedia di pasaran

Silinder hidrolik dengan diameter dalam tabung 360 mm merupakan kategori *custom*/sesuai dengan permintaan konsumen, sehingga tidak ditemukan detail teknis produk di pasaran.

Silinder hidrolik diameter dalam tabung 320 mm, banyak tersedia di pasaran, berikut dua *sampling* data silinder hidrolik,



Gambar 6 EATON Cylinder Hydraulic, Øbore 320 mm



Gambar 7 Comer System SRL Cylinder Hydraulic, Øbore 320mm

Kalkulasi daya silinder

Diketahui :

$$P = 100 \times 1,02 = 101,97 \text{ kg/cm}^2$$

Asumsi pemilihan spesifikasi silinder hydraulic pada beban maksimum pintu penguras Kolam Pasir PLTA Batang Agam, yaitu:

$$\text{Ø tabung silinder (} D \text{)} = 320 \text{ mm} = 32 \text{ cm}$$

$$\text{Ø batang piston (} d \text{)} = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

Maka :

- Langkah turun/close

$$F = P \cdot A \text{ kg}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$= (3,14 / 4) \times 32 \text{ cm} = 803,84 \text{ cm}^2$$

$$F = 101,97 \text{ kg/cm}^2 \times 803,84 \text{ cm}^2$$

$$= 81967,56 \text{ kg} = 81 \text{ ton}$$

- Langkah naik/open

$$F = P \cdot A \text{ kg}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$= (3,14 / 4) \times 32 \text{ cm} = 803,84 \text{ cm}^2$$

$$F = 101,97 \text{ kg/cm}^2 \times 803,84 \text{ cm}^2$$

$$= 81967,56 \text{ kg} = 81 \text{ ton}$$

Tabel 8. Gaya Silinder Hidrolik (F) VS Beban Silinder (G)

Kondisi Level Air (mdpl)	Ø tabung silinder	G (kg)	F (kg)
684,5 / optimum	380	10472,95	-
683,7 / medium	320	9039,04	81967,56

PENUTUP

Simpulan

1. Beban optimum pintu penguras Kolam Pasir PLTA Batang Agam terjadi pada elevasi 684,5 mdpl sebesar 10472,95

kg setara 10 ton yang merupakan situasi kondisional pada musim hujan, dan beban medium pada elevasi 683,7 mdpl sebesar 9039,04 kg setara 9 ton.

2. Berdasarkan kalkulasi daya silinder hidrolik pada beban optimum diperoleh Ø tabung silinder 360 mm, beban medium diperoleh Ø tabung silinder 320 mm.
3. Berdasarkan produk yang tersedia di pasaran, Ø tabung silinder 320 mm dapat diperoleh dengan mudah sedangkan Ø tabung silinder 360 mm merupakan barang *custom*.

Saran

Untuk penerapan sistem hidrolik pada pintu penguras kolam pasir PLTA Batang Agam, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sesuai dengan hasil penelitian maka silinder hidrolik dengan diameter dalam tabung 320 mm dapat di aplikasikan.
2. Pada dua pintu penguras dapat digunakan dua silinder hidrolik dengan satu *hydraulic power pack*.
3. Kajian lanjutan untuk *hydraulic power pack* dengan dua silinder hidrolik.
4. Kajian lanjutan mengenai pengaruh variabel korosi pada pintu penguras serta metode penanggulangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Toshiba. 1992. Final As Built Drawing. Japan : PLTA Batang Agam
- Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi, 2017, Modul Desain Peralatan Hidromekanik Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar, Modul 09, Bandung: KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT.
- Sularso, Ir. M.S., M.E., 1997. Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin.. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- ISO 3320:2013
- Q.S. Khan. Design And Manufacturing Of Hydraulic Presses Volume I. Mumbai: Tanveer Publications.
- Q.S. Khan. Design And Manufacturing Of Hydraulic Presses Volume II. Mumbai: Tanveer Publications.