

REKAYASA *SLIDING SEAT* PADA POMPA OBSERVASI UNTUK EFEKTIFITAS LABORATORIUM

Edi Widodo¹, Gagah Deffi Priyambudi²

Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Jalan Raya Gelam 250, Candi Sidoarjo 61217, Indonesia
E-mail : ediwidodo@umsida.ac.id¹; gagahdeffi23@gmail.com²

Abstrak

Salah satu yang menentukan hasil proses pembelajaran dan proses penelitian pada perkuliahan adalah kelengkapan sarana dan prasarana. Pengembangan alat pengujian dalam laboratorium diperlukan dalam mendukung kemajuan teknologi. Diantaranya adalah perancangan *Sliding Seat* pada alat uji pompa sentrifugal. Dua pompa yang disusun salah satunya dapat digeser dengan *Sliding Seat* untuk arah pergeseran sumbu x dan menggunakan ulir daya untuk memindahkan posisi dalam arah sumbu y. Untuk rekayasa *Sliding Seat* dalam penelitian ini di perlukan komponen pendukung yaitu : bearing (sebagai pengganti roda), ulir daya (sebagai media perpindahan posisi pompa) dan rel besi *hollow* (sebagai lintasan bearing). *Sliding Seat* ini berfungsi untuk memindahkan posisi rangkaian pompa sentrifugal yang dapat dioperasikan secara susunan seri dan paralel, dilengkapi dengan pengunci untuk menjaga kedudukan pompa agar tetap stabil ketika dioperasikan. Asumsi pompa yang digunakan sebagai objek penelitian merupakan pompa, dengan memiliki massa 80 kilogram. Hasil perancangan dan perhitungan bearing dengan kode 6203 dapat berputar sebanyak 474,5 juta putaran dengan keandalan 90% dan dibutuhkan Torsi sebesar 503 Nm untuk memutar ulir daya dengan beban 80 kilogram atau setara dengan 784 N, serta nilai gaya gesek statis (f_s) yang bekerja pada rel besi *hollow* sebesar 117 N, sedangkan nilai gaya gesek kinetis (f_k) yaitu sebesar 54,8 N. Untuk asumsi Durasi rentang waktu keseluruhan proses yang di butuhkan untuk mengubah posisi pompa dari rangkaian paralel menjadi rangkaian seri atau sebaliknya yaitu 8,5 menit.

Kata kunci: Pompa, Rangkaian, Rekayasa, *Seat*, *Sliding*.

PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi pengujian pompa air dalam laboratorium diperlukan dalam mendukung kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang teknologi perpompaan. Alat - alat uji praktikum dituntut memiliki efektifitas tinggi serta kemampuan yang teruji baik dalam memberikan data akurat untuk para peneliti. Alat uji praktikum pompa air pada umumnya tersusun secara permanen dan dirancang dengan kebutuhan dasar pengambilan data fluida [1]. Suatu alat yang menyebabkan perubahan energi antara suatu sistem mekanik dan media fluida disebut mesin fluida. Sedangkan mesin yang digerakan secara mekanik untuk melakukan kerja pada sistem fluida

dan kemudian merubah energi mekanik menjadi energi fluida disebut pompa [2].

Dalam pengoprasian pompa, susunan rangkaian pemopaaan bervariasi ada yang dipasang secara rangkaian seri dan ada juga yang secara rangkaian paralel. Tingkat fleksibilitas yang terbatas memberikan dampak bahwa data - data yang diambil dari alat laboratorium seringkali menjadi data awal yang perlu diolah lebih lanjut. Artinya pengembangan dan perancangan ulang (*redesign*) perlu dilakukan agar alat - alat uji praktikum memiliki efektifitas tinggi serta kemampuan yang teruji dengan baik dalam memberikan data yang akurat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui metode yang akan digunakan dan memberi

penjelasan prinsip kerja untuk perancangan ulang yg akan dilakukan. Serta memahami dan mengerti tentang karakteristik pompa susunan seri dan paralel. Komponen utama dalam penelitian ini yaitu bearing, ulir daya, rel besi *hollow*.

TINJAUAN PUSTAKA

Bearing

Bearing adalah salah satu elemen mesin yang berfungsi untuk menumpu secara langsung bagian mesin yang bergerak atau berputar, misalnya as, poros, roda gigi dan sebagainya. Pemasangan bantalan dimaksudkan untuk menghindari kontak langsung antara bagian-bagian yang bergerak agar keausan terjadi hanya pada bantalannya [3]. Secara umum bearing dapat diklasifikasikan berdasarkan arah beban dan berdasarkan konstruksi atau mekanismenya mengatasi gesekan dan berdasarkan gerakannya terhadap poros yaitu:

1. *Sliding contact bearing* (bantalan luncur)

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas. Bantalan ini menggunakan mekanisme *Sliding*, diantara dua permukaan komponen mesin yang saling bergesekan.

2. *Rolling contact / anti friction bearing* (bantalan *gelinding*)

Pada bantalan ini terjadi gesekan *gelinding* antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen *gelinding* seperti bola, rol, dan rol bulat. Bantalan *gelinding* menggunakan elemen *rolling* untuk mengatasi gesekan antara dua komponen yang bergerak.

Kode bearing tersebut terdiri dari beberapa komponen yang dapat dibagi-bagi antara lain [3]. Contoh **6203 RS** :

- 6** = melambangkan tipe /jenis bearing
- 2** = melambangkan seri bearing.

03 = melambangkan diameter lubang dalam bearing.

RS = melambangkan jenis bahan penutup bearing.

Tabel 1. Data Tipe *Ball Bearing* Seri 62 [4]

Nomor Bearing	d		D		B		r*	Berat Bearing	Basic Static Load Rating	Basic Dynamic Load Rating
	mm	in	mm	in	mm	in				
6200	10	0,3937	30	1,1811	9	0,3543	0,024	0,07	520	885
6201	12	0,4724	32	1,2598	10	0,3937	0,024	0,08	675	1180
6202	15	0,5906	35	1,378	11	0,4331	0,024	0,1	790	1320
6203	17	0,6693	40	1,5748	12	0,4724	0,024	0,14	1010	1660
6204	20	0,7874	47	1,8504	14	0,5512	0,039	0,23	1400	2210
6205	25	0,9843	52	2,0472	15	0,5906	0,039	0,29	1610	2430

Tabel 2. Faktor - faktor V, X dan Y Pada Bearing [3]

Tipe Bantalan	$\frac{F_a}{C_o}$	Beban Putaran Pada Cincin Bearing Bagian Dalam	Beban Putaran Pada Cincin Bearing Bagian Luar	Single Row Bearing		e
				V	X	
Radial Contact Groove Ball Bearing	0,014	1	1,2	0,56	2,3	0,19
	0,028				1,99	0,22
	0,056				1,71	0,26
	0,084				1,55	0,28
	0,11				1,45	0,3
	0,17				1,31	0,34
	0,28				1,15	0,38
	0,42				1,04	0,42
0,56	1	0,44				

Ulir Daya

Dalam teknik mesin, ulir dibedakan menjadi dua kelompok menurut fungsinya, yaitu ulir pengikat (*Threaded fasteners*) dan ulir daya (*Power screws*). Ulir pengikat berfungsi untuk menyambung atau mengikat antara dua elemen, contohnya berbagai macam baut. Ulir daya berfungsi untuk mendapatkan keuntungan mekanik yang besar, biasanya diterapkan pada dongkrak ulir, klem, mesin pres, ragam, dan sebagainya. Jika membahas ulir, biasanya dikenal istilah *pitch* dan *kisar* (*lead*). *Pitch* adalah jarak antara puncak dengan puncak, sedangkan *kisar* adalah jarak yang ditempuh mur bila ulir diputar satu putaran. Dilihat dari banyaknya ulir tiap gang (*pitch*) maka ulir dapat dibedakan menjadi ulir tunggal dan ulir

ganda. Ulir ganda artinya dalam satu putaran (dari puncak ulir yang satu ke puncak ulir yang lain) terdapat lebih dari satu ulir, misalnya dua ulir, tiga ulir dan empat ulir [5].

Melihat dari sisi ulir maka ulir dapat dibedakan menjadi ulir segi tiga, segi empat, trapesium, bulat dan tanduk. Selain itu juga dikenal jenis ulir berdasarkan posisi ulirnya yaitu ulir luar dan ulir dalam. Ulir luar adalah ulir yang posisinya pada diameter luar poros. Contoh aplikasi ulir luar ini adalah semua jenis baut dengan berbagai macamnya. Sedangkan ulir dalam adalah ulir yang posisinya pada diameter dalam / lubang sutau poros. Contoh aplikasi ulir dalam ini adalah semua jenis mur pengikat dengan berbagai macamnya [6].

1. Ulir segitiga : lebih cocok untuk digunakan untuk menyambung atau mengikat bagian / komponen mesin yang membutuhkan kerapatan.
2. Ulir Segi Empat / *Square Thread*: Merupakan ulir dengan bentuk profil segi empat, biasanya digunakan untuk beban berat misalnya pada pembuka pintu air bendungan dan ulir pada tanggem.
3. Ulir Trapesium / *Trapezium Thread*: Merupakan ulir dengan profil trapesium dengan sudut puncak 29° - 30°. biasa digunakan pada ulir penggerak pada eretan dan leadscrew pada mesin bubut.
4. Ulir Bulat / *Round Thread* : Merupakan ulir dengan profil setengah lingkaran pada bagian lembah dan puncak ulir. Biasa digunakan untuk mentranmisikan daya / gerakan secara halus dengan tanpa kelonggaran.
5. Ulir Tanduk / *Buttress Thread* : Merupakan ulir berbentuk segitiga tetapi bukan segitiga sama kaki melainkan berbentuk seperti tanduk.

Rel Besi *Hollow*

Besi *hollow* merupakan besi yang berbentuk kotak (persegi maupun persegi panjang) dengan tebal dan panjang yang bervariasi. Besi *hollow* menjadi besi yang

cukup populer pada saat ini karena fungsinya yang cukup banyak dan beragam. Mulai dari kanopi, pintu pagar, pagar, pintu besi, railing, teralis minimalis modern, sebagai salah satu komponen utamanya. Jenis besi *hollow* yang sering di jumpai di pasaran [7].

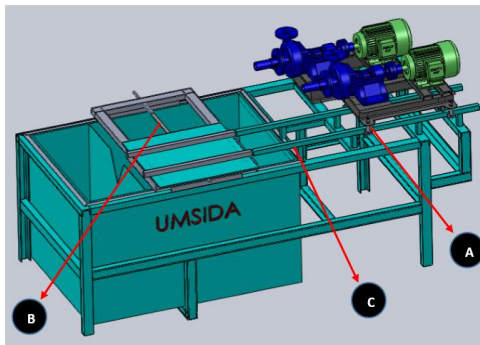
1. Besi *Hollow Galvanise* : Besi ini merupakan sebutan untuk pelapisan finishing yang terdiri dari 97% unsur coating zinc (besi), \pm 1% unsur coating alumunium dan sisanya adalah unsur bahan lain. Dengan komposisi bahan seperti ini, akan membuat besi *hollow* jenis ini menjadi *korosif*, terlebih lagi jika besi ini tergesek maupun terpotong.
2. Besi *Hollow Galvalume* : Merupakan sebutan untuk *Zinc - Alume* yang pelapisannya mengandung unsur *Alume* (Aluminium) dan *Zinc* (besi). Untuk bahan Galvalume yang paling baik terdiri dari unsur coatingnya 55% Aluminium, unsur besi 43,5% dan unsur lapisan silicon 1,5%. Dilihat dari komposisi bahannya besi *hollow galvalume* ini memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi, otomatis harga lebih mahal dari besi *hollow galvanise*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahapan:

1. Pemodelan desain menggunakan software solidworks,
2. Perancangan dan perhitungan,
3. Pengujian.

Pemodelan desain ditunjukkan pada gambar 1 menggunakan *software solidworks* dengan mengaplikasi mekanisme: Bantalan gelinding atau bearing, Ulir daya (*Power Screw*), dan Rel besi *hollow*.



Keterangan:

- A = Bantalan gelinding atau bearing.
- B = Ulir daya (*Power Screw*).
- C = Rel besi *hollow*.

Gambar 1. Desain *Sliding Pompa Software Solidworks*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Dan Perhitungan Bearing

Jenis bearing yang cocok untuk penelitian ini (sebagai roda) adalah bearing dengan kode 6203 dengan spesifikasi:

Tabel 3. Spesifikasi Prancangan Bearing

No	Spesifikasi	Nilai atau Keterangan
1	Tipe	<i>Single Row Deep Groove Ball Bearing</i>
2	Kode	6203
3	<i>D</i>	40 mm
4	<i>d</i>	17 mm
5	<i>B</i>	12 mm
6	<i>C</i>	1660 lb
7	<i>C_o</i>	1010 lb

Keterangan :

D = Diameter dalam

D = Diameter luar

B = Lebar bearing

C = *Basic Dynamic Load Rating*

C_o = *Basic Static Load Rating*



Gambar 2. Bearing 6203

Prosedur perhitungan umur bearing sebagai pengganti roda :

1. Langkah pertama = menentukan nilai faktor beban X dan Y [3].

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$$

Dengan:

- F_a (Beban aksial konstan yang bekerja) = 0 kg (Tidak ada beban aksial yang bekerja pada bearing)
- F_r (Beban radial konstan yang bekerja) = 80 kg atau sama dengan 784 N
- V (Faktor perputaran) = 1,2 (Nilai bearing bagian luar yang berputar, terdapat pada Tabel 2)
- e (Nilai faktor beban) = (Terdapat pada Tabel 2)

Keterangan: 1 kg = 9,8 N

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$$

$$\frac{0}{1,2 \cdot 784} \leq e$$

$$0 \leq e$$

Didapatkan nilai faktor X = 1 dan Y = 0.

2. Langkah kedua = menghitung P (Beban ekuivalen) yang bekerja pada pada bantalan [3].

$$P = XV F_r + Y F_a$$

Dengan:

- F_r (Beban radial konstan yang bekerja) = 784 N
- F_a (Beban aksial konstan yang bekerja) = 0 N (Tidak ada beban aksial yang bekerja pada bearing)
- V (Faktor perputaran) = 1,2 (Karena bearing bagian luar yang berputar, terdapat pada Tabel 2)
- X (Faktor radial) = 1
- Y (Faktor aksial) = 0
- P (Beban ekuivalen) = (Belum diketahui)

$$P = XVF_a + YF_r$$

$$P = 1 \cdot 1,2 \cdot 784 + 0 \cdot 0$$

$$P = 940 \text{ N}$$

Diperoleh nilai P (Beban ekuivalen) sebesar 940 N yang bekerja pada bantalan.

3. Langkah ketiga = menentukan nilai L_{10}
= Umur putaran bantalan / bearing [3].

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

Dengan:

- C (Basic Dynamic Load Rating) = 1660 lb atau sama dengan 7384 N (Bantalan dengan tipe 6203 pada Tabel 1)
- P (Beban ekuivalen) = 940 N
- L_{10} (Umur putaran bantalan / bearing) = (Belum diketahui)

Keterangan: 1 lb = 4,45 N

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

$$L_{10} = \left(\frac{7384}{940}\right)^3$$

$$L_{10} = 474,5 \text{ juta putaran.}$$

Didapatkan kesimpulan bearing kode 6203 menumpu beban ekuivalen sebesar 940 N dan dapat berputar sebanyak 474,5 juta putaran dengan keandalan 90%.

Perancangan dan Perhitungan Ulir Daya

Mekanisme ulir daya yang digunakan dalam penelitian ini adalah ulir daya jenis persegi empat yang memiliki panjang 1 meter. Spesifikasi perancangan ulir daya dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 4. Spesifikasi Perancangan Ulir Daya

No	Spesifikasi	Nilai atau Keterangan
1	Jenis	Ulir Persegi Empat
2	d	16 mm
3	p	2 mm
4	Panjang	1000 mm

Keterangan :

d = Diameter rata – rata colar

p = Pitch



Gambar 3. Ulir Daya Persegi Empat

Prosedur perhitungan Torsi yang dibutuhkan untuk memutar ulir daya berbeban :

1. Langkah pertama = menentukan lebar dan tinggi ulir.

$$d_p = d - \frac{p}{2}$$

Dengan:

- p (pitch) = 2 mm
- d (Diameter rata – rata colar) = 16 mm
- d_p (Diameter kedalaman ulir) = (Belum diketahui)

$$d_p = d - \frac{p}{2}$$

$$d_p = 16 - \frac{2}{2}$$

$$d_p = 15 \text{ mm}$$

Didapatkan nilai $d_p = 15 \text{ mm}$.

2. Langkah kedua = menentukan kisar

$$l = 2 \cdot p$$

Dengan:

- p (pitch) = 2 mm
- l (lead atau kisar) = (Belum diketahui)

$$l = 2 \cdot p$$

$$l = 2 \cdot 2$$

$$l = 4 \text{ mm}$$

Diperoleh nilai $l = 4 \text{ mm}$.

3. Langkah ketiga = menghitung Torsi [5].

$$T = \frac{P d_p}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_p}{\pi d_p - \mu l} \right) + \frac{P \mu_c d}{2}$$

Dengan:

- P (Beban yang di tumpu) = 784 N
- d (Diameter rata – rata colar) = 16 mm
- d_p (Diameter kedalaman ulir) = 15 mm (Hasil Persamaan 3.1)
- l (lead kisar) = 4 mm (Hasil persamaan 3.2)
- μ (Koefisien gesek ulir) = 0,08
- μ_c (Koefisien gesek pada colar) = 0,08
- T (Torsi yang digunakan untuk memutar ulir daya) = (Belum diketahui)

$$T = \frac{P d_p}{2} \left(\frac{l + \pi \mu d_p}{\pi d_p - \mu l} \right) + \frac{P \mu_c d}{2}$$

$$T = \frac{0,7 \cdot 15}{2} \left(\frac{4 + \pi 0,08 \cdot 15}{\pi 15 + 0,08 \cdot 4} \right) + \frac{784 \cdot 0,08 \cdot 16}{2}$$

$$T = 503 \text{ Nm}$$

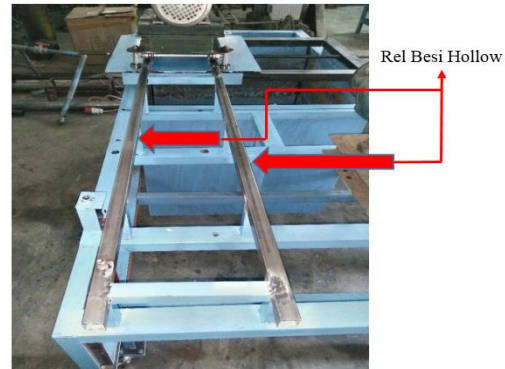
Didapatkan kesimpulan bahwa di butuhkan Torsi sebesar 503 Nm untuk memutar ulir daya dengan beban 784 N.

Perancangan dan Perhitungan Rel Besi *Hollow*

Pada penelitian ini perancangan rel menggunakan 2 batang besi *hollow* galvanise dengan ukuran panjang masing – masing 104 cm. Spesifikasi perancangan rel besi *hollow* dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 5. Spesifikasi Perancangan rel besi *hollow*

No	Spesifikasi	Nilai atau Keterangan
1	Jenis	Galvanise
2	Panjang	1040 mm
3	Tinggi	25 mm
4	Lebar	25 mm
5	Tebal	1,6 mm



Gambar 4. Rel Besi *Hollow*

Prosedur perhitungan gaya gesek besi *hollow* yang di fungsikan sebagai rel (landasan bearing).

1. Langkah pertama = menentukan nilai gaya gesek statis (f_s) [8].

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

Dengan:

- μ_s (Koefisien gaya gesek statis) = 0,15 [9]
- N (Gaya normal) = 784 N
- f_s (Gaya gesek statis) = (Belum diketahui)

$$f_s = \mu_s \cdot N$$

$$f_s = 0,15 \cdot 784$$

$$f_s = 117 \text{ N}$$

Didapatkan $f_s = 117 \text{ N}$.

2. Langkah kedua = menentukan nilai gaya gesek kinetis (f_k) [8].

$$f_k = \mu_k \cdot N$$

Dengan:

- μ_k (Koefisien gaya gesek kinetis) = 0,07 [9]
- N (Gaya normal) = 784 N
- f_k (Gaya gesek kinetis) = (Belum diketahui)

$$f_k = \mu_s \cdot N$$

$$f_k = 0,07 \cdot 784$$

$$f_k = 54,8 \text{ N}$$

Diperoleh $f_k = 54,8 \text{ N}$.

Didapatkan kesimpulan bahwa besi hollow menumpu beban 784 N dengan bearing yang berfungsi sebagai roda memiliki nilai gaya gesek statis (f_s) sebesar 117 N. Sedangkan nilai gaya gesek kinetis (f_k) yaitu sebesar 54,8 N.

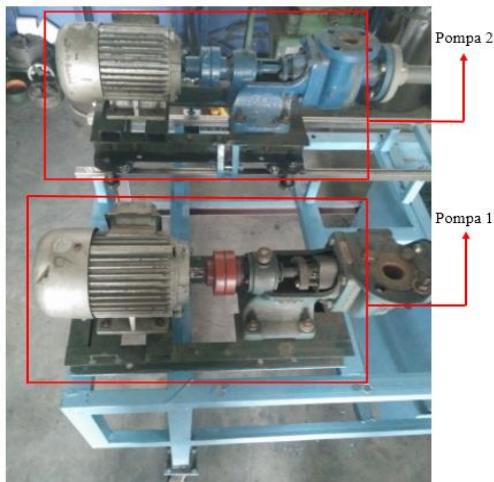
Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan 2 metode yaitu :

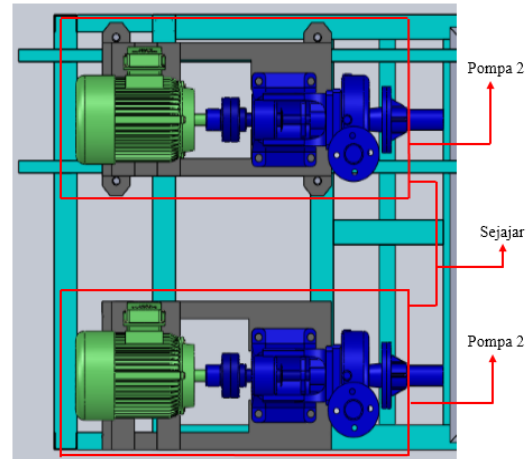
1. Posisi pompa rangkaian seri
2. Posisi pompa rangkaian paralel

1. Posisi Pompa Rangkaian Seri

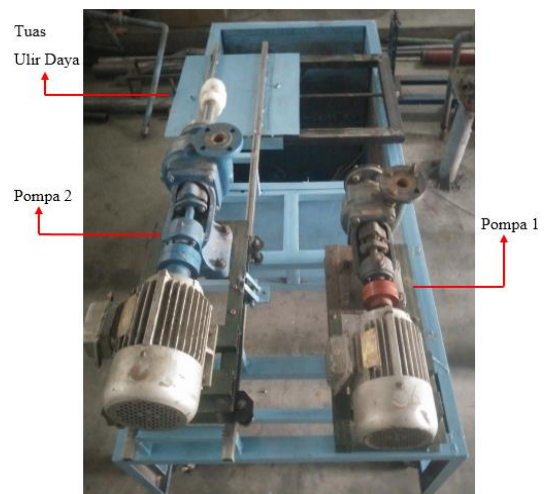
Asumsi saat ini posisi Pompa 1 dan Pompa 2 dalam rangkaian pompa paralel seperti yang ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8. Pompa 2 di dorong secara manual dari Titik A sampai pada titik B, Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



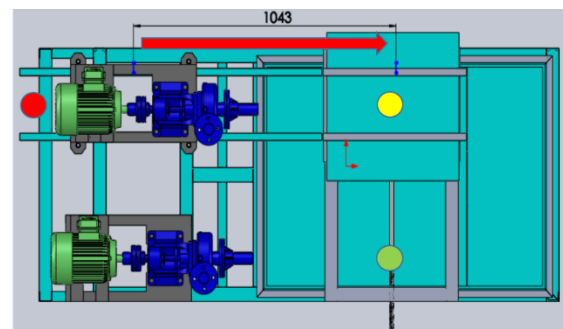
Gambar 5. Posisi Pompa Rangkaian Paralel Sudut Pandang Sisi Kanan



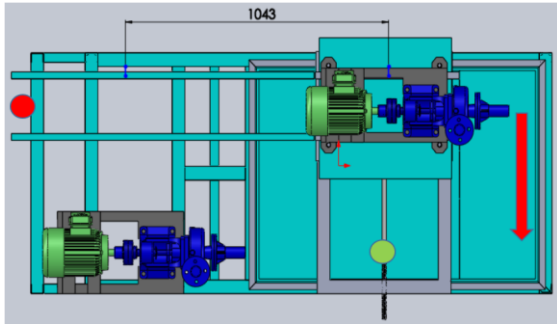
Gambar 6. Posisi Pompa Rangkaian Paralel (Sejajar) Software Solidworks



Gambar 7. Posisi Pompa Rangkaian Paralel Sudut Pandang Sisi Belakang



Gambar 8. Posisi Pompa Rangkaian Paralel Dari Sudut Pandang Sisi Atas Software Solidworks

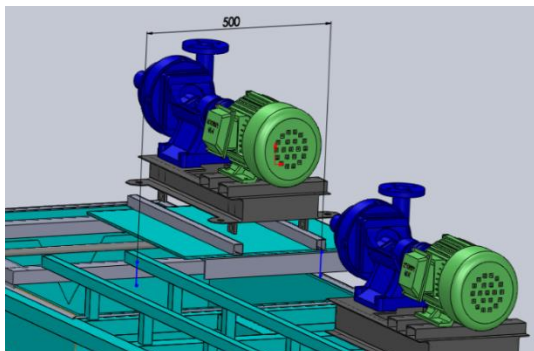


Gambar 9. Jarak Yang Ditempuh Dari Titik A ke Titik B (1043 mm) *Software Solidworks*

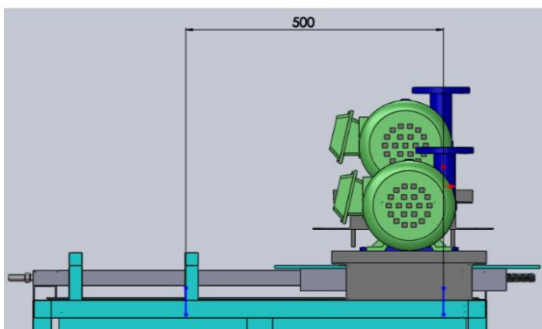
Keterangan :

- = Lingkaran berwarna merah menunjukan Titik A
- = Lingkaran berwarna kuning menunjukan Titik B
- = Lingkaran berwarna hijau menunjukan Titik C

Langkah selanjutnya yaitu memutar ulir daya malawan jarum jam secara otomatis Pompa 2 akan berpindah dari Titik B menuju Titik C dengan jarak yang di tempuh 500 mm seperti yang di tunjukan pada gambar 10 dan gambar 11.

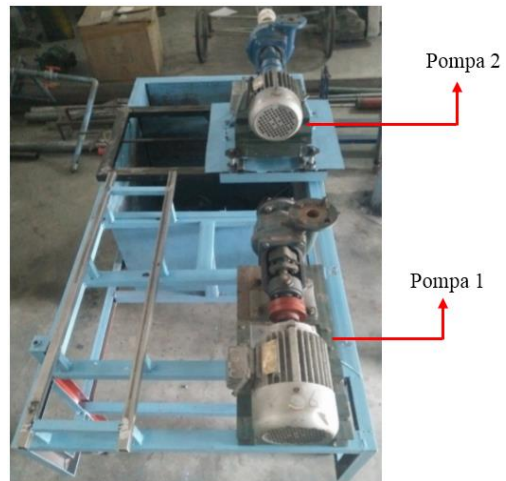


Gambar 10. Jarak Tempuh Ulir Daya (500 mm) *Software Solidworks*



Gambar 11. Ukuran Jarak Tempuh Ulir Daya Dari Sisi Belakang (500 mm) *Software Solidworks*

Maka jadilah posisi rangkaian pompa seri yang, yaitu Pompa 2 dan Pompa 1 menjadi sebaris atau lurus seperti yang terlihat pada gambar 12 dan gambar 13.



Gambar 12. Posisi Pompa Rangkaian Seri Dari Sudut Pandang Sisi Atas



Gambar 13. Posisi Pompa Rangkaian Seri Dari Sudut Pandang Sisi Atas *Software Solidworks*

Asumsikan total rentang waktu keseluruhan proses yang di butuhkan untuk mengubah posisi pompa dari rangkaian paralel menjadi rangkaian seri yaitu, total waktu perpindahan dari Titik A ke Titik B (133 detik) di jumlahkan dengan total waktu perpindahan dari Titik B ke Titik C (380 detik) maka hasil yang di dapat adalah 513 detik = 8,5 menit.

2. Posisi Pompa Rangkaian Paralel

Asumsi saat ini posisi Pompa 1 dan Pompa 2 sebaris atau dalam rangkaian pompa seri seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 dan gambar 13. Apa bila akan memindah posisi pompa menjadi rangkain paralel, maka posisi Pompa 2 harus di pindah dari Titik C menuju Titik A

melewati Titik B. Langkah awal memutar ulir daya searah jarum jam secara otomatis posisi Pompa 2 yang tadinya berada pada Titik C akan berpindah ke Titik B. Langkah selanjutnya mendorong secara manual Pompa 2 menuju Titik A. Maka jadilah rangkaian pompa paralel dengan posisi Pompa 1 dan 2 sejajar seperti yang di tunjukkan pada gambar 5, gambar 6 gambar 7 dan gambar 8.

Asumsi waktu yang di butuhkan untuk merubah posisi pompa dari rangkaian seri menjadi rangkaian paralel adalah sama dengan asumsi waktu yang di butuhkan untuk merubah posisi pompa dari rangkaian paralel menjadi rangkaian seri.

KESIMPULAN

1. Komponen Utama Penelitian ini yaitu :
 - Bearing dengan kode 6203 sebagai pengganti roda.
 - Ulir daya persegi empat sebagai media perpindahan posisi pompa.
 - Rel besi *hollow* galvanise sebagai lintasan bearing.
2. Proses penggantian rangkain pompa seri ke pompa paralel atau pun sebaliknya tidak perlu membongkar dudukan pompa yang ada.
3. Durasi rentang waktu keseluruhan proses yang di butuhkan untuk mengubah posisi pompa dari rangkaian paralel menjadi rangkaian seri atau sebaliknya yaitu 8,5 menit.

REFERENSI

- [1]. R. Y. Pradhana and E. Widodo, "Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan Pvc Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air," *R E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 2, no. 1, pp. 37–43, 2017.
- [2]. Nasirwan, "Optimasi pengujian pompa seri dan paralel," *Mech. Eng.*, vol. Politeknik, p. Padang, 2008. Nasirwan, "Optimasi pengujian pompa

seri dan paralel," *Mech. Eng.*, vol. Politeknik, p. Padang, 2008.

- [3]. Sularso, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin," 2004.
- [4]. R. L. Mott, "Machine Elements in Mechanical Design," *2nd Ed.*, vol. Macmillan, 1992.
- [5]. Joseph, "Mechanical Engineering Design," 2001.
- [6]. P. I. Ahamd Nur Rokman, Muhammad Faizal S, "Metrologi Industri Metrologi Ulir." 2011.
- [7]. PT., "Beberapa Jenis Besi *Hollow* Yang Perlu Anda Ketahui," p. 55, 2016.
- [8]. David, "Fisika Jilid 1," 1987.
- [9]. A. P. Arya, "Introduction Classical Mechanics," 1998.