

DESAIN DAN MANUFAKTUR POMPA SENTRIFUGAL DENGAN SISTEM SERI UNTUK MENCAPAI HEAD 50 METER

Roni Safii

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: 201654097@umk.ac.id

Masruki Kabib

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: masruki.kabib@umk.ac.id

Rianto Wibowo

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: rianto.wibowo@umk.ac.id

ABSTRAK

Sistem pompa seri adalah sebuah sistem yang terdiri dari beberapa unit pompa, sistem perpipaan dan panel kontrol yang dihubungkan untuk menghasilkan head pompa yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan head pompa sentrifugal agar mencapai head 50 meter dengan menggunakan 3 pompa yang disusun secara seri. Metode desain dan manufaktur ini dengan membuat gambar perancangan, melakukan perhitungan perancangan dan melakukan pembuatan instalasi pompa sentrifugal yang disusun seri. Pengujian penelitian ini dilakukan dengan mengoperasikan pompa kemudian membaca tekanan yang dihasilkan oleh pompa. Agar dapat menghasilkan tekanan, harus ada variasi pembukaan valve. Dari tekanan pompa yang dihasilkan ini dijadikan perhitungan head pompa. Dari hasil perhitungan dan Analisa kebutuhan pompa, pompa yang digunakan untuk penelitian ini yaitu pompa dengan head pompa 20 meter dan kapasitas 10 liter/menit. Hasil pengujian penelitian menunjukkan 3 pompa yang disusun seri dapat menghasilkan head pompa 62,83 meter, artinya instalasi pompa ini dapat memenuhi target head pompa 50 meter.

Kata kunci: pompa sentrifugal, instalasi seri, head, tekanan, kapasitas

ABSTRACT

A series pump system is a system consisting of several pump units, a piping system, and a control panel to produce a larger pump head. This study aims to increase the head of a centrifugal pump to reach a head of 50 meters by using 3 pumps arranged in series. This Design and Build method is by making Design Drawings, Performing Design Calculations and Making Centrifugal Pump Installations which are arranged in series. The test of this research is done by operating the pump and then reading the pressure generated by the pump. In order to produce pressure, there must be a variation in valve opening. The resulting pump pressure is used as a pump head calculation. From the results of calculations and analysis of pump requirements, the pump used for this research is a pump with a pump head of 20 meters and a capacity of 10 liters/minute. The test results show that 3 pumps arranged in series can produce a pump head of 62.83 meters, meaning that this pump installation can meet the pump head target of 50 meters.

Keywords: centrifugal pump, series installation, head, pressure, capacity.

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, seringkali menggunakan alat bantu yang memudahkan untuk menyelesaikan permasalahan secara tepat dan ekonomis. Pemindahan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lain menggunakan suatu pompa. Pompa memiliki kegunaan yang sangat luas baik dikalangan rumah tangga ataupun skala industri. Desain sistem perpipaan menjadi sangat penting dan mempunyai efek yang sangat besar dalam kinerja pompa. Sistem pompa akan beroperasi dengan performansi yang optimal jika ketiga komponen sistem pompa tersebut direncanakan dengan baik dan sesuai dengan standar pemakainya [1].

Pompa ada beberapa macam tetapi yang sering digunakan dalam kegiatan industri maupun rumah tangga adalah jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal mempunyai dua bagian penting, yaitu impeller yang berfungsi untuk memindahkan tenaga mekanis dari poros pompa ke fluida dengan cara diputar sehingga timbul gaya sentrifugal dan rumah pompa (*casing*) yang mengarahkan fluida ke impeller dan sekaligus mengubah tenaga kinetik fluida menjadi tenaga tekanan [2].

Pompa sentrifugal adalah suatu mesin kinetis yang mengubah energi mekanik ke dalam energi hidrolis melalui aktivitas sentrifugal, yaitu tekanan fluida yang sedang di pompa. Selain itu pompa sentrifugal merupakan salah satu alat industri yang sederhana, tapi sangat diperlukan. Prinsip kerja pompa sentrifugal yaitu aliran fluida yang radial akan menimbulkan efek sentrifugal dari *impeller* diberikan kepada fluida. Jenis pompa sentrifugal atau kompresor aliran radial akan mempunyai head yang tinggi tetapi kapasitas alirannya rendah. Pada mesin aliran radial ini, fluida masuk melalui bagian tengah *impeller* dalam arah yang pada dasarnya aksial. Fluida keluar melalui celah-celah antara sudut dan piringan dan meninggalkan bagian luar impeller pada tekanan yang tinggi dan kecepatan agak tinggi ketika memasuki *casing* atau *volute*. *Volute* akan mengubah head kinetik yang berupa kecepatan buang tinggi menjadi head tekanan sebelum fluida meninggalkan pipa keluaran pompa. Jika *casing* dilengkapi dengan sirip pemandu (*guide vane*), pompa tersebut disebut diffuser atau pompa turbin. *Impeller* yaitu bagian dari pompa yang berputar yang mengubah tenaga mesin ke tenaga kinetik. *Volute* yaitu bagian dari pompa yang diam yang mengubah tenaga kinetik ke bentuk tekanan. [3]

Pada suatu kondisi, dimana kapasitas atau head yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka selanjutnya dapat digunakan dua pompa atau lebih untuk mencapai kondisi head dan kapasitas yang diperlukan, dengan merangkai pompa tersebut secara seri maupun paralel. Instalasi pompa seri tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan debit aliran, namun sangat berpengaruh terhadap peningkatan tekanan dan daya hidrolis pompa [4] Sedangkan instalasi pompa paralel sangat berpengaruh terhadap peningkatan debit aliran namun tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan tekanan dan daya hidrolis pompa [5].

Sistem pompa merupakan sebuah sistem yang terdiri dari unit pompa, sistem perpipaan dan panel kontrol. Sistem pompa seri adalah sebuah sistem yang terdiri dari beberapa unit pompa, sistem perpipaan dan panel kontrol yang dihubungkan untuk menghasilkan head pompa yang lebih besar. Head pompa yang tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka dapat digunakan dua pompa atau lebih yang disusun secara seri. Susunan seri biasanya digunakan pada debit air yang kecil yang tidak diperlukan pompa cadangan jika daya, tekanan, debit air yang akan dihasilkan headnya terbilang kecil. Bila head yang diperlukan besar dan tidak dapat dilayani oleh satu pompa, maka dapat digunakan lebih dari satu pompa yang disusun secara seri [6]. Head pompa dapat di hitung berdasarkan perbedaan tekanan pada saluran pipa keluar [7]. Pengaturan debit dan head pompa yang dipasang secara paralel atau seri dapat di lakukan dengan menggunakan sistem control [8].

Berdasarkan pemikiran ini perlu adanya suatu pengembangan tentang pompa, terutama pompa sentrifugal. Maka perlu diciptakan pompa sentrifugal yang dioperasikan secara Seri. Dimana pada alat tersebut akan diuji bagaimana pengaruh operasional pompa dan bukaan valve terhadap karakteristik head pompa.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain dan manufaktur pompa seri untuk mencapai head 50 meter. Penelitian ini menggunakan alat ukur berupa flow meter untuk mengukur flow yang dihasilkan oleh pompa dan manometer untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh pompa. Tekanan pompa yang dihasilkan akan dijadikan parameter untuk menghitung *head* pompa yang dihasilkan pada instalasi pompa seri.

2. METODOLOGI PENELITIAN

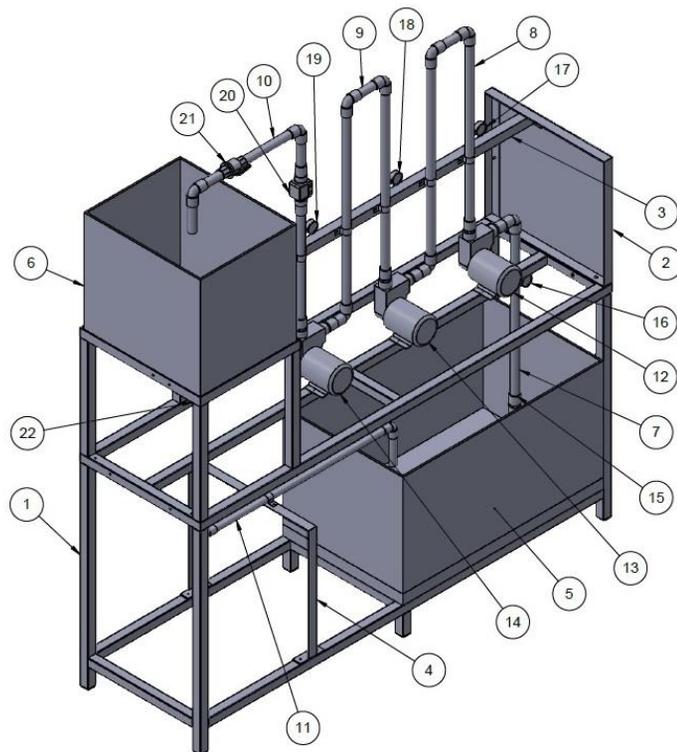
Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, studi literatur, konsep desain, perancangan, proses pembuatan dan pengujian.

2.1. Studi Literatur

Studi literatur penelitian Desain dan Manufaktur Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri Untuk Mencapai Head 50 Meter diambil dari sumber – sumber yang berkaitan dengan pompa sentrifugal, instalasi pompa seri dan permasalahan – permasalahan yang berkaitan dengan pompa sentrifugal. Studi literatur proses pembuatan pompa sentrifugal dengan sistem seri dilakukan dengan mempelajari sumber – sumber terkait dari jurnal maupun buku – buku fluida dengan cara memahami permasalahan – permasalahan yang terjadi. Sebelum memulai pembuatan juga dilakukan studi mengenai alat dan bahan perkakas yang akan digunakan, serta mempelajari keselamatan kerja dalam mengoperasikan alat perkakas.

2.2. Konsep Desain

Konsep desain merupakan rangkain dari suatu proses atau perancangan atau suatu gambaran atau sebagai pedoman sebelum melakukan pembuatan alat atau mesin, dalam hal ini ini konsep desain merupakan hal yang sangat penting atau yang sangat menentukan karena sebagai titik awal perancangan harus menentukan ukuran, material apa yang digunakan, sampai harga material yang akan digunakan dalam pembuatan alat atau mesin. Konsep desain di tunjukkn pada gambar 1.



Gambar 1. Konsep Desain.

Keterangan gambar :

- 1) Rangka
- 2) Panel board
- 3) Support pipa 1
- 4) Support pipa 2
- 5) Bak penampung air 1

- 6) Bak penampung air 2
- 7) Pipa hisap
- 8) Pipa tekan pompa 1
- 9) Pipa tekan pompa 2
- 10) Pipa tekan pompa 3
- 11) Pipa drainase
- 12) Pompa 1
- 13) Pompa 2
- 14) Pompa 3
- 15) *Check valve*
- 16) Manometer vacuum
- 17) Manometer pompa 1
- 18) Manometer pompa 2
- 19) Manometer pompa 3
- 20) *Flow meter*
- 21) Valve 1
- 22) Valve 2

Prinsip kerja konsep instalasi pompa seri dimulai dari pompa 1 menghisap air dari bak penampung air 1 melalui pipa hisap dan check valve, dimana fungsi check valve menjaga agar air tidak kembali ke bak penampung air, tekanan hisap pompa 1 akan dibaca oleh manometer hisap. Air yang dihisap oleh pompa 1 selanjutnya akan melewati manometer pompa 1 untuk dibaca tekanannya. Setelah melewati manometer pompa 1, air akan menuju ke pompa 2. Pada pompa 2 ini air yang tadinya ditekan oleh pompa 1 dihisap kembali oleh pompa 2. Air yang dihisap oleh pompa 2 selanjutnya akan melewati manometer pompa 2 untuk dibaca tekanannya. Setelah melewati manometer pompa 2, air akan menuju ke pompa 3. Pada pompa 3 ini air yang tadinya ditekan oleh pompa 2 dihisap kembali oleh pompa 3. Air yang dihisap oleh pompa 3 selanjutnya akan melewati manometer pompa 3 untuk dibaca tekanannya. Setelah melewati manometer pompa 3, air akan melewati flow meter untuk pembacaan debit air. Setelah melewati flow meter, air akan melewati valve 1, untuk mengatur tekanan air yang dihasilkan pada 3 pompa yang disusun seri dengan variasi bukaan valve. Pada saat melakukan variasi bukaan valve, secara otomatis tekanan yang terbaca pada manometer pompa 1, manometer pompa 2 dan manometer pompa 3 akan terjadi perubahan. Setelah melewati valve 1, air akan keluar menuju bak penampungan 2. Pada bak penampungan 2 ini juga dapat digunakan untuk kalibrasi berapa debit air aktual yang dibaca oleh flow meter. Untuk menguras bak penampung air 2, dapat dilakukan dengan membuka valve 2 sehingga air akan kembali ke bak penampungan air 1.

2.3. Perancangan

Perancangan instalasi pompa sentrifugal dengan sistem seri yakni meliputi membuat gambar kerja instalasi pompa sentrifugal dengan sistem seri, melakukan perhitungan instalasi pompa sentrifugal dengan sistem seri, melakukan perhitungan rangka dan melakukan perhitungan bak penampung air.

2.4. Proses Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat merupakan urutan langkah pengerjaan dari bahan baku sampai menjadi benda kerja yang dikehendaki sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Proses pembuatan alat terdiri dari pembuatan rangka, pembuatan panel board, support pipa, bak penampung air, dan bak penampung air.

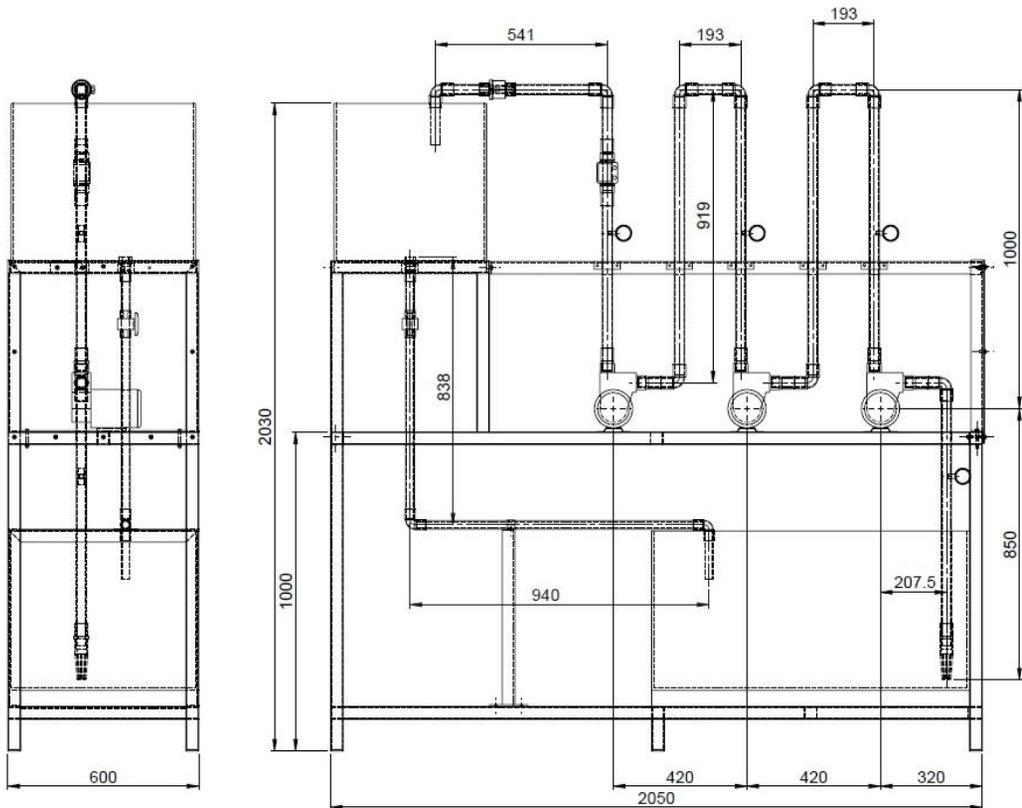
2.5. Pengujian

Perencanaan pengujian pompa sentrifugal dengan sistem seri meliputi pengujian pompa 1, pompa 1 & 2, pompa 1,2 & 3 divariasikan dengan bukaan valve sehingga menghasilkan kapasitas dan tekanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi pembuatan gambar skema pompa sentrifugal dengan sistem seri, perhitungan volume bak penampung air, kapasitas pompa, perhitungan head pompa, perhitungan tekanan air, pemilihan pompa, perhitungan rangka, proses pembuatan alat dan pengujian alat.

3.1. Gambar Skema Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri, ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri.

3.2. Perhitungan Volume Bak Penampung Air

Perhitungan volume bak penampung air bertujuan untuk mengetahui besarnya volume maksimal yang dapat ditampung oleh bak penampung air, sebagaimana persamaan 1.

$$\text{Volume} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \quad (1)$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Volume Bak Penampung Air

Perhitungan	Persamaan	Hasil
Volume Bak Penampung Air 1	(1)	250 Liter
Volume Bak Penampung Air 1	(1)	100 Liter

Perhitungan Kapasitas Pompa

Perhitungan kapasitas bertujuan untuk mengetahui besarnya kapasitas pompa yang akan dicapai dari instalasi pompa yang disusun secara seri. Kapasitas tiap pompa dapat dihitung dengan menentukan dahulu waktu yang diharapkan untuk memenuhi bak penampung air.

- Menghitung Kapasitas Pompa (Q_{tot}), sebagaimana persamaan 2.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

- Menghitung Kapasitas Pompa Disusun Seri (Q_{tot}), sebagaimana persamaan 3.

$$Q_{tot} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} \quad (3)$$

- Menghitung Kecepatan Air (V), sebagaimana persamaan 4.

$$v = \frac{Q_{tot}}{A} \quad (4)$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kapasitas Pompa

Perhitungan	Persamaan	Hasil
Kapasitas Pompa	(2)	0,00016 m ³ /s
Kapasitas Pompa Disusun Seri	(3)	0,00016 m ³ /s
Kecepatan Air	(4)	0,069 m/s

3.4. Menghitung Head Pompa

Perhitungan head pompa instalasi pompa seri bertujuan untuk mengetahui besarnya head pompa yang dihasilkan dari instalasi pompa yang disusun secara seri. Perhitungan head pompa secara umum terdiri dari perhitungan head kerugian gesek, perhitungan head statis, dan perhitungan head total pompa. Berikut perhitungan head pompa pada instalasi pompa seri:

- Menghitung Head Statis, sebagaimana persamaan 5.

$$h_a = (h_d + h_s)_1 + (h_d + h_s)_2 + (h_d + h_s)_3 \quad (5)$$

- Head Kerugian Gesek Dalam Pipa, sebagaimana persamaan 6.

$$h_{fg} = \frac{10,666 \cdot Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \cdot L \quad (6)$$

- Head Kerugian Belokan Pipa, sebagaimana persamaan 7.

$$h_{fe} = f \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

- Head Kerugian Pada Katup, sebagaimana persamaan 8.

$$h_{fv} = f \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

- Head Kerugian Total (Gesekan Pipa, Belokan & Valve), sebagaimana persamaan 9.

$$h_l = h_{fg} + h_{fe} + h_{fv} \quad (9)$$

- Menghitung Head Pompa, sebagaimana persamaan 10.

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

- Menghitung Kebutuhan Head Pompa Seri, sebagaimana persamaan 11.

$$\Delta h_p = H - h_a - h_l - \frac{v^2}{2g} \quad (11)$$

- Menghitung Kebutuhan Tiap Pompa, sebagaimana persamaan 12.

$$\Delta h_p = \frac{\Delta h_p}{3} \quad (12)$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Head Pompa

Perhitungan	Persamaan	Hasil
Head Statis	(5)	1,835 m
Head Kerugian Gesek Dalam Pipa	(6)	0,00016 m ³ /s
Head kerugian belokan pipa	(7)	0,069 m/s
Head kerugian pada katup	(8)	0,00048 m
Head kerugian total	(9)	0,129 m
Head Pompa	(10)	50 m
Kebutuhan Head Pompa Seri	(11)	48,036 m
Kebutuhan Head Tiap Pompa	(12)	16,012 m

3.5. Menghitung Tekanan Air

Perhitungan tekanan air pada instalasi pompa seri bertujuan untuk mengetahui besarnya tekanan air yang dihasilkan dari instalasi pompa yang disusun secara seri. Berikut perhitungan tekanan air pada instalasi pompa seri:

- Tekanan yang terjadi pada pompa 1, sebagaimana persamaan 13

$$\Delta h_{p1} = \frac{P_{d1}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{s1}}{\rho \cdot g} \quad (13)$$

- Tekanan yang terjadi pada pompa 2, sebagaimana persamaan 14.

$$\Delta h_{p12} = \frac{P_{d2}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{s1}}{\rho \cdot g} \quad (14)$$

- Tekanan yang terjadi pada pompa 3, sbagaimana persamaan 15.

$$\Delta h_{p123} = \frac{P_{d3}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{s1}}{\rho \cdot g} \quad (15)$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tekanan Pompa

Perhitungan	Persamaan	Hasil
Tekanan pompa 1	(13)	1,57 bar
Tekanan pompa 3	(14)	3,14 bar
Tekanan pompa 3	(15)	4,71 bar

3.6. Pemilihan Pompa

Berdasarkan perhitungan instalasi pompa sentrifugal yang disusun seri dengan tipe dan head pompa yang sama, didapatkan hasil berikut :

$$\begin{aligned} H_{\text{Pompa}} &= 16 \text{ m} \\ \text{Kapasitas (Q)} &= 10 \text{ liter/menit} \\ \text{Diameter Pipa Hisap} &= 1 \text{ inchi} \\ \text{Diameter Pipa Tekan} &= 1 \text{ inchi} \end{aligned}$$

Maka, pompa yang akan digunakan untuk instalasi pompa sentrifugal untuk mencapai head 50 meter adalah Pompa dengan head 20 meter sebanyak 3 buah pompa

Adapun alasan pemilihan pompa adalah

1. Head pompa sudah memenuhi dari hasil perancangan
2. Kapasitas pompa sudah memenuhi dari hasil perancangan

3. Merk pompa merupakan salah satu merk terbaik
4. Konstruksi sederhana dan mudah dioperasikan
5. Harga pompa terjangkau

3.7. Perhitungan Rangka

Perhitungan rangka bertujuan untuk mengetahui besarnya beban maksimal yang dapat ditanggung oleh rangka. Berikut perhitungan rangka:

- Menghitung berat yang ditanggung oleh rangka, sebagaimana persamaan 16.

$$W_{total} = W_{pipa} + W_{air} + W_{pompa} + W_{penampung\ air} \quad (16)$$

- Perhitungan momen inersia, sebagaimana persamaan 17/

$$I_x = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h^3 \quad (17)$$

- Perhitungan tegangan bengkok, sebagaimana persamaan 18.

$$\sigma_b = \frac{M \cdot \frac{1}{2} \cdot b}{I_x} \quad (18)$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pembebanan Rangka

Perhitungan	Persamaan	Hasil
Pembebanan Rangka	(16)	5081,24 N
Momen Inersia	(17)	0,00000128 m ⁴
Tegangan Bengkok	(18)	0,596 kg/mm ²

3.8. Proses Pembuatan Alat

Proses pembuatan alat merupakan urutan langkah pengerjaan dari bahan baku sampai menjadi benda kerja yang dikehendaki sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Proses pembuatan alat terdiri dari pembuatan rangka, pembuatan panel board, support pipa, bak penampung air, dan bak penampun air.

3.8.1. Proses Pembuatan Rangka

Rangka berfungsi sebagai penyangga atau tempat dudukan pompa beserta instalasinya. Proses pembuatan rangka dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, memotong bahan, mengelas bahan dan mengecat rangka.

3.8.2. Proses Pembuatan Panel Board

Panel board berfungsi sebagai tempat dudukan sistem kontrol beserta komponen elektriknya. Proses pembuatan panel board dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, memotong bahan, mengelas bahan dan mengecat panel board.

3.8.3. Support Pipa

Support pipa berfungsi sebagai penyangga atau tempat dudukan instalasi pipa agar pipa tidak bergetar dan mudah patah saat pompa dihidupkan. Proses pembuatan support pipa dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, memotong bahan, mengelas bahan dan mengecat support pipa.

3.8.4. Bak Penampung Air

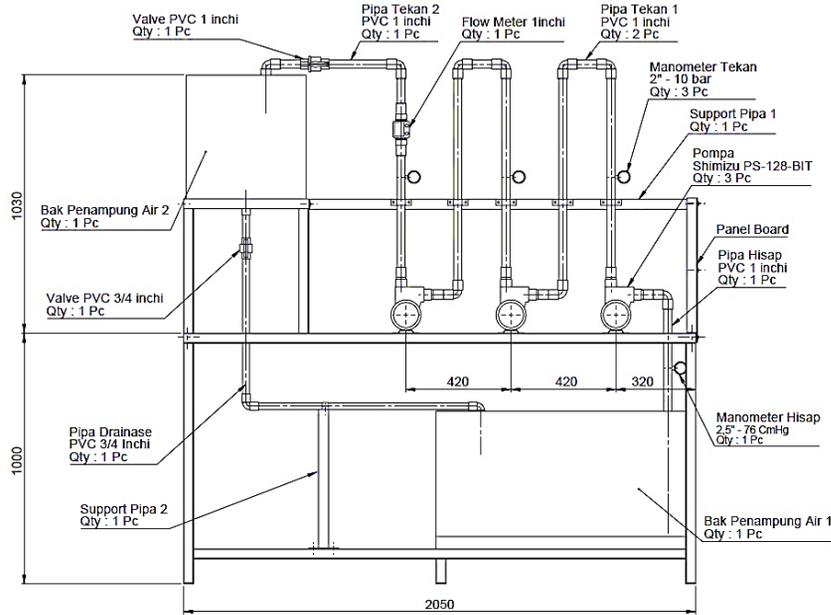
Bak penampung air berfungsi sebagai penampung air yang digunakan untuk operasional. Proses pembuatan bak penampung air dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, memotong bahan dan mengelem bahan.

3.8.5. Instalasi Pipa

Instalasi pipa berfungsi sebagai lajur aliran air yang digunakan untuk operasional. Proses pembuatan instalasi pipa dimulai dari menyiapkan alat dan bahan, memotong bahan dan mengelas bahan.

3.8.6. Assembly

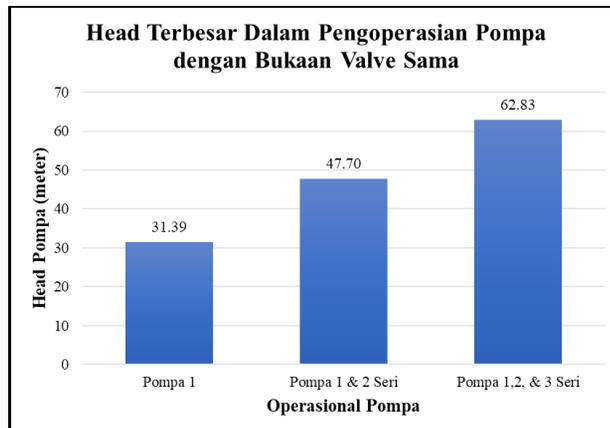
Proses assembly merupakan proses perakitan, meliputi rangka, panel board, support pipa, pompa, instalasi pipa, dan bak penampung air. Ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Gambar Assembly.

3.9. Pengujian Alat

Analisa head pompa terbesar bertujuan untuk mengetahui head pompa yang paling besar dihasilkan oleh jumlah pompa yang dinyalakan. Analisa head pompa terbesar ini menggunakan variabel jumlah penyalaan pompa dan nilai head yang dihasilkan. Dari tabel pengujian instalasi pompa seri dengan 3 pompa dapat dibuat grafik kapasitas sebagai berikut:



Gambar 4. Head Pompa Hasil Pengujian

Dari grafik tersebut, menunjukkan banyak pompa yang digunakan dalam instalasi pompa seri, maka head pompa yang dihasilkan akan semakin besar. Head pompa yang paling besar dihasilkan dari pengoperasian 3 pompa yang disusun seri, yaitu 62,83 meter.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian Rancang Bangun Pompa Sentrifugal Dengan Sistem Seri Untuk Mencapai Head 50 Meter, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan pompa sentrifugal dengan sistem seri untuk mencapai head 50 meter dapat menggunakan 3 buah pompa dengan masing masing pompa mempunyai head 16 meter.
2. Pompa yang digunakan berdasarkan perhitungan dan berbagai pertimbangan, menggunakan pompa Shimizu PS128-BIT yang mempunyai head pompa 20 meter.
3. Proses pembuatan instalasi pompa sentrifugal yang disusun seri antara lain membuat rangka, panel board, support pipa, pipa hisap, pipa tekan, dan bak penampung air.
4. Hasil pengujian instalasi pompa sentrifugal yang disusun seri menyatakan head pompa terbesar diperoleh dari 3 buah pompa yang disusun seri, yaitu 62,83 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febianto, Ifan. 2018. *Perancangan Sistem Pompa Paralel Dengan Daya Bervariasi Untuk Meningkatkan Kapasitas Air*. Kudus: Universitas Muria Kudus, Kudus.
- [2] Senen. 2004. *Sistem Hubungan Pompa Seri dan Paralel*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [3] Marjuki, Tri. 2009. *Pengujian Karakteristik Pompa Susunan Paralel Dengan Spesifikasi Sama*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Syahrizal, Imam. Dkk. 2019. *Kajian Eksperimen Instalasi Pompa Seri Dan Paralel Terhadap Efisiensi Penggunaan Energi*. Bandar Lampung : Universitas Muhammadiyah Metro.
- [5] I. Febrianto, M. Kabib, B. Setya N., 2018, Perancangan Sistem Pompa Paralel Dengan Daya Bervariasi Untuk Meningkatkan Kapasitas Air. *Jurnal Crankshaft*, Volume 1, No. 1, pp. 49-54.
- [6] Sularso dan Haruo Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor "Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan"*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [7] Faisal Ansori, Edy Widodo, 2018, Analysis on Centrifugal Pump Performance inSingle, Serial, and Paralle, *Jurnal JEMMME*, Volume 3, No. 2, pp 79-86.
- [8] E. Saputra, M. Kabib, B.S. Nugraha, 2019, Rancang Bangun Sistem Kontrol Debit Air Pada Pompa Paralel Berbasis Arduino, *Jurnal Crankshaft*, Volume 2 , No. 1, pp. 73-80.