

Perancangan Pompa Sentrifugal Berkapasitas 18 liter/detik Untuk Kebutuhan PDAM Di Daerah Ake Galee

Muhammad Arrahman Syu'aib^a, Ali Mokhtar^a, Mulyono^a

^aJurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas of Muhammadiyah Malang

Jl. Raya Tlogomas No. 246, Malang, East Java, Indonesia, 65144

Tlp. (0341) 464318-128, Fax. (0341) 470786

e-mail: ramsky291@gmail.com

abstract

The need for clean water is an important aspect for human survival. In everyday life, humans use water for cooking, drinking, bathing, cleaning, etc. Because of the important role of water in everyday human life which causes the need for water to increase, clean water services are needed for the community. A pump is a tool used to move fluids (liquids) from one place to another by adding energy to the fluid being moved. A centrifugal pump is a kinetic machine that converts mechanical energy into hydraulic energy by means of centrifugal activity, namely the pressure of the pumped fluid. With the plan to develop a new water source by the PDAM of Ternate city, the authors want to design a centrifugal pump with a capacity of 18 m³/second which will be used to meet the water needs of the PDAM in the Ake Galee area. Based on the design results, it can be seen that the type of pump designed is single-level pump, with a head of 28 m, a capacity of 18 liters/second, a driving motor power of 8.6 Kw.

Keywords: design; centrifugal pump.

Abstrak

Kebutuhan air bersih merupakan salah satu aspek penting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, manusia menggunakan air untuk keperluan masak, minum, mandi, membersihkan, dll. Karena pentingnya peran air dalam kehidupan manusia sehari-hari yang menyebabkan kebutuhan air meningkat, maka dibutuhkan pelayanan air bersih kepada masyarakat. Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida (cairan) dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan. Pompa sentrifugal adalah mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dengan aktivitas sentrifugal, yaitu tekanan fluida yang dipompa. Dengan adanya rencana pengembangan sumber air baru oleh PDAM kota Ternate maka penulis ingin merancang pompa sentrifugal berkapasitas 18 m³/detik yang nantinya digunakan untuk dapat memenuhi kebutuhan air di PDAM di daerah Ake galee. Berdasarkan hasil rancangan maka dapat diketahui bahwa rancangan jenis pompa yang dirancang adalah pompa satu tingkat, dengan head 28 m, kapasitas 18 liter/detik, daya motor penggerak sebesar 8,6 Kw.

Kata kunci: perancangan; pompa sentrifugal.

1. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih merupakan salah satu aspek penting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam kehidupan sehari-hari, manusia menggunakan air untuk keperluan

masak, minum, mandi, membersihkan, dll. Karena pentingnya peran air dalam kehidupan manusia sehari-hari yang menyebabkan kebutuhan air meningkat, maka dibutuhkan pelayanan air bersih kepada masyarakat. Sistem jaringan distribusi air, kapasitas kekuatan dorong pompa dan juga jumlah keseluruhan pelanggan yang dilayani [1].

Sampai saat ini kuantitas pelayanan PDAM khususnya PDAM kota Ternate di daerah Ake galee masih bisa memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun seiring peningkatan jumlah populasi kependudukan warga di daerah Ake galee maka kebutuhan air bersih juga meningkat. Untuk mengatasi peningkatan kebutuhan air bersih, PDAM kota Ternate di daerah Ake galee memiliki rencana perkembangan atau penambahan sumber baru. Untuk saat ini ada total 53 titik sumber air yang terdiri dari 52 sumur air dalam dan 1 sumber air permukaan [4].

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida (cairan) dari satu tempat ke tempat lainnya dengan cara menambahkan energi pada fluida yang dipindahkan. Dalam perancangan pompa banyak hal yang harus diperhatikan seperti jenis pompa yang akan digunakan, jenis dan sifat fluida yang dipompa, dan jenis pipa yang digunakan, menghitung diameter pompa, kapasitas pompa, Losses yang terjadi dan head pompa [2]. Pompa sentrifugal adalah mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik dengan aktivitas sentrifugal, yaitu tekanan fluida yang dipompa. Selain itu, pompa sentrifugal adalah perangkat sederhana, tetapi sangat diperlukan. Pompa sentrifugal memiliki variasi pompa yang sangat luas dimana pemompaan fluida atau pembangkitan tekanan dilakukan dengan memutar satu atau lebih impeller [3]

Proses kerja pompa sentrifugal adalah aliran radial fluida memberikan efek sentrifugal pada fluida dari impeller. Pada pompa sentrifugal tipe ini, cairan masuk dari pusat impeller dalam arah yang pada dasarnya aksial. Fluida keluar dari luar impeller pada tekanan dan kecepatan tinggi saat keluar melalui celah antara sudut dan piringan dan memasuki casing atau volute. Volute mengubah head kinetik menjadi head tekanan dalam bentuk kecepatan pemompaan yang tinggi sebelum fluida meninggalkan pipa keluaran pompa. Jika casing dilengkapi dengan sirip pemandu (guide vane), maka pompa yang berputar mengubah tenaga mesin menjadi tenaga kinetik. Volute merupakan bagian dari pompa yang diam yang mengubah tenaga kinetik menjadi bentuk tekanan [5]

Dengan adanya rencana pengembangan sumber air baru oleh PDAM kota Ternate maka penulis ingin merancang pompa sentrifugal berkapasitas 18 m³/detik yang nantinya digunakan untuk dapat memenuhi kebutuhan air di PDAM di daerah Ake galee.

2. Metodologi

Data acuan metode perancangan

Untuk mengetahui perhitungan pompa yang baik, maka harus diketahui terlebih dahulu perhitungan data awal bagi pompa yang akan digunakan. Adapun data acuan yang diketahui sebelum melakukan perhitungan, yaitu:

Fluida : Air
Massa jenis air : 1000 kg/m³
Kapasitas : 18 l/d

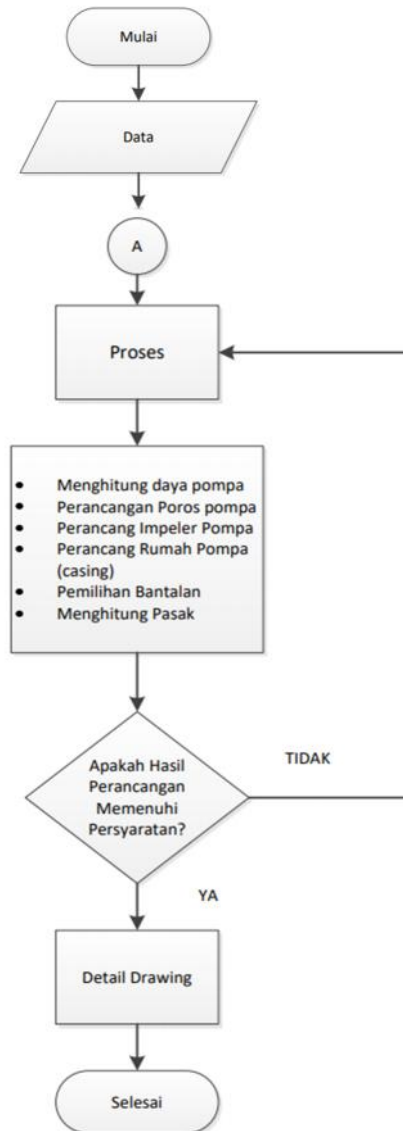
Langkah Perancangan

Dalam perancangan pompa sentrifugal dengan kapasitas 18 liter/detik, perhitungannya meliputi :

a). Menghitung daya pompa, b). Perancangan dan perhitungan poros, c). Perancangan dan perhitungan impeller, d). Perancangan dan perhitungan rumah pompa (Casing),

e).Pemilihan bantalan dan perhitungan pasak Desain gambar perancangan. Ada pula alir perancangan seperti pada gambar 1 di bawah.

Diagram alir perancangan
Gambar 1 Diagram alir perancangan



3. Hasil & Pembahasan

Kapasitas pompa

Kapasitas merupakan salah satu parameter yang sangat penting pada sebuah pompa. tanpa diketahui kapasitas pompa pompa, maka kita tidak bisa memilih, membeli, atau membuat pompa tersebut. Kapasitas adalah besarnya suatu aliran cairan yang dihasilkan oleh pompa dalam satuan volume per satuan waktu [2][6]

Debit teoritis pompa

$$Q_{th} = Q_{ep} / v$$

Dimana :

Q_{ep} : Debit efektif pompa = 0,018 m³/s

v : Efisiensi volumetris (0,90 – 0,98) diambil = 0,90 (2.1)

maka :

$$Q_{th} = Q_{ep} / v = 0,018 / 0,90 = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Daya air (pw)

Energi yang secara efektif diterima oleh air dari pompa per satuan waktu disebut daya air, yang dapat ditulis sebagai [7]

$$P_w = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Dimana :

ρ : Massa jenis air, pada temperature 400C = 1000 kg/m³

g : Percepatan graviti = 9,81 m/s²

Q : Kapasitas pompa = 0,018 m³/s (2.2)

H : head total pompa = 28 m

Maka :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,018 \cdot 28 = 4944.24 \text{ Watt} = 4.94424 \text{ Kw}$$

Daya poros pompa (pp)

Daya poros yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya didalam pompa. Daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut [7]

$$P_s = P_w / E_p$$

Dimana :

P_s : Daya poros pompa (Kw)

P_w : Daya hidrolis pompa (Kw) (2.3)

E_p : Efisiensi pompa

$$P_s = P_w / E_p = 4.94424 / 0,75 = 6.59232 \text{ Kw}$$

Daya motor penggerak pompa (pm)

Daya motor penggerak pompa harus lebih besar dari daya poros pompa, hal ini tergantung pada jenis motor dan hubungan poros pompa dengan poros motor. Rumus menghitung daya motor penggerak pompa sebagai berikut [7]

$$P_m = (P_s \cdot (1 + a)) / E_t$$

Dimana :

P_m : Daya dominan motor penggerak (Kw)

P_s : Daya poros pompa (Kw)

a : Faktor tergantung jenis koreksi motor, motor induksi = 0,1 – 0,2. Maka diambil 0,2 untuk penggerak motor listrik.

E_t : efisiensi transmisi = 0,95 – 0,97. Diambil = 0,96

Maka :

$$P_m = (P_s \cdot (1 + \dots)) / E_t = (6.59232 \cdot (1 + 0,2)) / 0,96 = 8.2404 \text{ Watt} = 8.6 \text{ Kw} \quad (2.4)$$

Perancangan poros

Daya rencana

$$P_d = f_c \cdot P \quad (2.5)$$

Dimana :

P_d : Daya rencana (Kw)

f_c : Faktor koreksi daya dominal 1,0 – 1,5 diambil sebesar = 1,0

P : Daya motor listrik (Kw)

Maka :

$$P_d = f_c \cdot P = 1,0 \cdot 8,6 = 8,6 \text{ Kw}$$

Momen puntir

Sebuah poros mendapat pembebanan utama berupa beban torsi. Momen puntir disebut juga sebagai momen rencana yang dimana hasil dari momen puntir dapat ditentukan dengan rumus [7] :

$$T = 9,75 \times 10^5 \cdot P_d / n$$

Dimana :

T : Momen puntir (kg.mm)

P_d : Daya rencana (Kw) (2.6)

n : Putaran motor listrik (rpm)

Maka :

$$T = 9,75 \times 10^5 \frac{P}{n} = 9,75 \times 10^5 \frac{8,6}{3525} = 2378.723 \text{ k .m}$$

Tegangan geser yang diizinkan

Tegangan geser yang diizinkan T_a (kg/mm²) untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya T_a dihitung atas dasar batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik (sesuai standar ASME) untuk harga 18% ini faktor keamanan diambil sebesar 1/0,18 = 5,6. Harga 5,6 ini diambil untuk bahan SF dan 6,0 untuk bahan S - C dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan Sf1, selanjutnya perlu ditinjau apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan. Faktor - faktor ini dinyatakan dengan Sf2 dengan harga sebesar 1,3 sampai 3,0. Dari hal - hal diatas maka tegangan geser yang diizinkan pada poros (T_a) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut [7] :

$$T_a = b / (Sf1 \cdot Sf2)$$

Dimana :

T_a : Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²) (2.7)

b : Tegangan Tarik bahan (Kg/mm²)

Sf1 : Faktor keamanan poros

Sf2 : Faktor keamanan poros karena pengaruh tekanan dan kekerasan permukaan sebesar 1,3 sampai 3,0, maka diambil = 1,5

Maka :

$$T = \frac{\sigma}{S_1 \cdot S_2} = \frac{5}{6,0 \cdot 1,5} = 6.444 \text{ kg/mm}^2$$

Diameter poros

Diameter poros dapat dipilih dari tabel (daftar lampiran). Pada tempat dimana akan dipasang bantalan gelinding, pilihlah suatu diameter yang lebih besar dari harga yang

cocok didalam tabel untuk menyesuaikan dengan diameter dalam dari bantalan. Diameter poros dapat ditentukan dengan rumus berikut [7] :

$$D_p = [5.1/Ta \cdot Kt \cdot Cb \cdot T]^{1/3}$$

Dimana :

D_p : Diameter poros (mm)

Ta : Tegangan geser yang diizinkan

Cb : Faktor koreksi untuk pembebanan lentur 1,2 – 2,3 yang diambil = 1,20

Kt : Faktor koreksi untuk momen puntir 1,5 – 3,0 yang diambil = 1,50

T : Momen puntir

Maka :

$$D = \left[\frac{5.1}{T} \cdot K \cdot C \cdot T \right]^{1/3} = \left[\frac{5.1}{6.444} \cdot 1.50 \cdot 1.20 \cdot 2378.723 \right]^{1/3} = 20 \text{ mm} \quad (2.8)$$

Tegangan geser yang terjadi

Karena poros akan dibuat alur pasak dan untuk pengikatan poros dengan impeller, maka diameter poros disesuaikan dengan standar diameter poros sebesar 20 mm. tegangan yang terjadi dapat ditentukan dengan rumus berikut [7] :

$$T_t = (5.1 \cdot T) / D_s^3$$

Dimana :

T_t : Tegangan geser yang terjadi (Kg/mm²)

T : Momen puntir (kg/mm)

D_s : diameter poros (mm)

(2.9)

Maka :

$$T_t = \frac{5.1 \cdot T}{D^3} = \frac{5.1 \cdot 2378.723}{20^3} = 1.516 \text{ K /m}^2$$

Dari hasil perhitungan yang diperoleh maka tegangan geser yang terjadi pada poros adalah sebesar 1,516 kg/mm², sedangkan tegangan yang diizinkan adalah sebesar 6.444 kg/mm². Maka dapat disimpulkan bahwa poros tersebut dapat menahan pembebanan yang terjadi sehingga cukup baik dan sangat aman jika digunakan.

Perancangan impeler

Ukuran – ukuran impeller pada sisi masuk

Diameter Hub (D_h)

$$D_h = D_s + (7.9375 - 12.70) \quad (2.10)$$

Dimana :

D_h : Diameter Hub impeler (mm)

D_s : Diameter poros (mm)

(7.9375 – 12,70) diambil = 10,00

Diameter eye (D_o)

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} + D_h^2 \quad (2.11)$$

Dimana :

D_o : Diameter mata impeler (mm)

Q_o : Kapasitas pompa dengan memperhitungkan kebocoran sebesar 2 / 10 %, maka diambil 6 % 1,06 x 0,018 m³/dt : 0.01908 m³/dt.

V_o : Kecepatan aliran masuk sebesar 3,048 – 4,572 m/dt, maka diambil : 4,572 m/dt. [8]

D_h : diameter hub

Diameter sisi masuk (D1)

Diameter sisi masuk dibuat sama dengan diameter eye (D_0), adapun tujuannya adalah untuk menjaga agar air mengalir tetap rata (smooth), dengan demikian diameter sisi masuk (D_1) : (D_0) [8]

Lebar laluan impeler (b_1)

$$b_1 = \frac{Q_0}{\pi \cdot D_1 \cdot V_{r1}} \quad (2.12)$$

Dimana :

b_1 : Lebar laluan impeler pada sisi masuk (m)

Q_0 : Kapasitas pompa (m³/dt)

D_1 : Diameter sisi masuk (m)

V_{r1} : Kecepatan radial pada sisi masuk sudu (m/dt) (1,05 – 1,10) . V_0 , maka diambil sebesar

$$= 1,10 \cdot V_0 = 1,10 \cdot 4,572 = 5.0292$$

λ : Faktor kontraksi (penyempitan) 0,8 – 0,9, diambil sebesar 0,85 Kecepatan tangsial (U_1)

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \quad (2.13)$$

Dimana :

U_1 : kecepatan tangsial pada sisi masuk (m/dt)

D_1 : diameter sisi masuk (m)

n : putara pompa (rpm)

Sudut masuk impeler (β_1)

$$\beta_1 = \frac{V_{r1}}{U_1} \quad (2.14)$$

Sudut absolut fluida impler (β_1)

Fluida masuk kedalam sudu – sudu dalam arah radial (tegak lurus), dengan demikian sudut absolut fluida masuk untuk semua tingkat adalah 90° [8]

Kecepatan relative fluida (V_1)

$$V_1 = \frac{V_{r1}}{\sin \beta_1} \quad (2.15)$$

Dimana :

V_1 : Kecepatan relative fluida (m/dt)

V_{r1} : kecepatan radial air (m/dt)

β_1 : sudut masuk sudu

Ukuran – ukuran impeler pada sisi keluar

Diameter sisi keluar (D_2)

$$D_2 = \frac{1}{n} \cdot \emptyset \cdot H^{0,5} \quad (2.16)$$

Dimana :

D_2 : Diameter luar impeler (m)

H : Tinggi tekan

\emptyset : Koefisien tinggi tekan : 0,90 – 1,20, diambil sebesar 0,90

n : Putaran pompa (rpm)

Lebar laluan impeler (b_2)

$$b_2 = \frac{Q_0}{\pi \cdot D_2 \cdot V_{r2}} \quad (2.17)$$

b_2 : Lebar laluan impeller pada sisi keluar (m)

Q_0 : Kapasitas pompa dengan memperhitungkan kebocoran (m/dt)

D_2 : Diameter luar impeller (m)

V_{r2} : Kecepatan radial pada sisi keluar (m/dt), dibuat sama sedikit dibawah sampai 15% kecepatan radial pada sisi Masuk, hal ini untuk menghindarkan kecepatan yang tiba – tiba. Diambil sebesar 15% [8] maka:

$$V_{r2} = 0,85 \cdot 5,0292$$

$$V_{r2} = 4,275 \text{ m/dt}$$

2 : Faktor kontraksi (penyempitan) adalah sebesar : 0,90 – 0,95
diambil yaitu : 0,95

Lecepatan tangsial (U2)

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} \quad (2.18)$$

Dimana :

U₂ : Kecepatan tangsial pada sisi keluar (m/dt)

D₂ : Diameter luar impeler (m)

n : putaran pompa (rpm)

Sudut keluar impeler (β_2)

$$V_2 = U_2 - \frac{V_{r2}}{\beta_2} \quad (2.19)$$

Dimana :

V_{u2} : Komponen kecepatan tangsial teoritis (m/dt)

U₂ : Kecepatan tangsial pada sisi keluar (m/dt)

V_{r2} : Kecepatan radial pada sisi keluar (m/dt)

β_2 : Sudut sudu pada sisi keluar, untuk mendapatkan laluan yang mulus maka sudut keluar sudu dibuat lebih besar dari sudut masuk sudu (β_1) dengan besar antara 15° - 40°, menurut [8]

Berikut ini adalah hasil perhitungan pada setiap β_2 yang bervariasi antara 15° sampai dengan 40° :

Sudut fluida teoritis (α_2)

$$\alpha_2 = \alpha_1 + T \frac{V_{r2}}{V_2} \quad (2.20)$$

Dimana :

α_2 : Sudut fluida teoritis (o)

V_{r2} : kecepatan radial (m/dt)

V_{u2} : kecepatan tangsial teoritis (m/dt)

Kecepatan relative fluida (V2)

$$V_2 = \frac{V_{r2}}{\sin \beta_2} \quad (2.21)$$

Dimana :

V₂ : Kecepatan relatif fluida (m/d)

V_{r2} : kecepatan radial (m/dt)

β_2 : Sudut sudu pada sisi keluar (o)

Kecepatan absolut teoritis (V2)

$$V_2 = \sqrt{V_{r2}^2 + V_{u2}^2} \quad (2.22)$$

Dimana :

V₂ : kecepatan absolut teoritis (m/dt)

V_{r2} : kecepatan radial (m/dt)

V_{u2} : kecepatan tangsial teoritis (m/dt)

Komponen kecepatan tangsial actual (β_2)

$$V_{u2}' = V_2 \cdot K$$

Dimana :

V_{u2}' : komponen kecepatan tangsial actual (m/dt)

V_{u2} : kecepatan tangsial teoritis (m/dt)

K : 0,65 – 0,75 maka dipilih 0,75 [8]

Sudut fluida actual (α_2')

$$\alpha_2' = \arctan \left(T \frac{V_r 2}{V_u 2'} \right) \quad (2.23)$$

Dimana :

- α_2' : Sudut fluida actual (o)
- $V_r 2$: Kecepatan radial (m/dt)
- $V_u 2'$: Komponen kecepatan tangsial actual (m/dt)

Kecepatan absolut actual (V_2')

$$V_2' = \sqrt{V_r 2^2 + V_u 2'^2}$$

Dimana :

- V_2' : kecepatan absolut actual (m/dt)
- $V_r 2$: kecepatan radial (m/dt)
- $V_u 2'$: komponen kecepatan tangsial absolut (m/dt)

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh spesifikasi pompa sentrifugal sebagai berikut :

Perencanaan pompa

Head pompa	: 28 m/d
Kapasitas	: 18 l/d
Daya pompa	: 8,6 Kw
Putaran pompa	: 3525 rpm
Jenis pompa	: Sentrifugal
Momen puntir	: 2378,723 mm

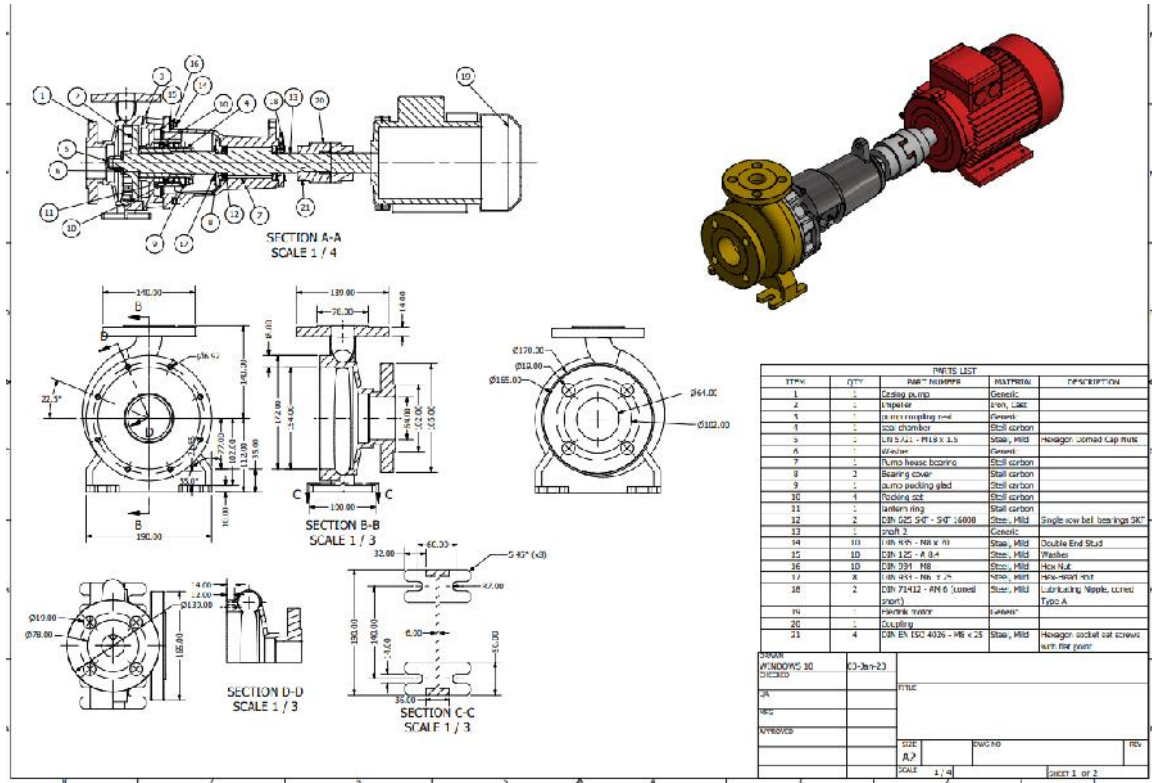
Perancangan bagian bagian pompa

Diameter poros	: 20 mm
Diameter Hub (Dh)	: 30 mm
Diameter eye (Do)	: 0,079 mm
Diameter sisi masuk (D1)	: 0,079 mm
Lebar laluan impeler (b1)	: 0,79 mm
Kecepatan tangsial (U1)	: 14,581 mm
Sudut masuk impeler (α_1)	: 190
Sudut absolut fluida impler (α_1)	: 900
Kecepatan relative fluida (V1)	: 15,447 m/d
Kecepatan fluida masuk impeler (Vo)	: 4,572 m/d

Ukuran – ukuran impeler pada sisi keluar

Diameter sisi keluar (D2)	: 114,368 mm
Lebar laluan impeler (b2)	: 13 mm
Lecepatan tangsial (U2)	: 21,109 mm
Sudut keluar impeler (α_2)	: 200
Sudut fluida teoritis (α_2)	: 240
Kecepatan relative fluida (V2)	: 12,499 m/d
Kecepatan absolut teoritis (V2)	: 10,294 m/d
Komponen kecepatan tangsial actual (α_2)	: 7,023 m/d
Sudut fluida actual	: 310
Kecepatan absolut actual (V2')	: 8,222 m/d

Jumlah sudu : 10
 Tekanan dalam rumah pompa : 2.7 kg/cm²
 Tebal rumah pompa : 18,0892 mm
 Jenis bearing : DIN 625 SKF - SKF 16008



Gambar 2 Gambar desain pompa sentrifugal

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yuliana and D. Masduki, "Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo," SMARTek, vol. 4, no. 2, pp. 126–134, 2006, [Online]. Available: <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTEK/article/view/433>
- [2] A. Mokhtar, H. Gustrianda, and P. Sentrifugal, "Redesain Pompa Sentrifugal Pengisi Boiler Kapasitas 28 m³ / jam di PERTAMINA BALONGAN," pp. 61–68, 2022.
- [3] A. J. P. D. Stepanoff., Centrifugal and Axial Flow Pump. New York, 1957.
- [4] R. Candra, "Perancangan Pompa Sentrifugal Dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 Lpm Di Gedung F Dan D Universitas Muhammadiyah Tangerang," J. Tek., vol. 7, no. 1, pp. 15–25, 2018, doi: 10.31000/jt.v7i1.946.
- [5] Tandiyus, "Perencanaan ulang pompa sentrifugal berkapasitas 50 liter/detik pemakaian pada unit produksi pdam tirta unit meulaboh," 2014.
- [6] A. Ir. Suharto, M. T., IPM., Pompa Sentrifugal. Jakarta, 2016.
- [7] Sularso and Haruo Tahara, Pompa dan kompresor : pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan. Jakarta : Pradnya Paramita, 2004., 2004.
- [8] A. H. Church, pompa dan Blower Sentrifugal. Jakarta: Erlangga, 1986.