

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pompa Sentrifugal

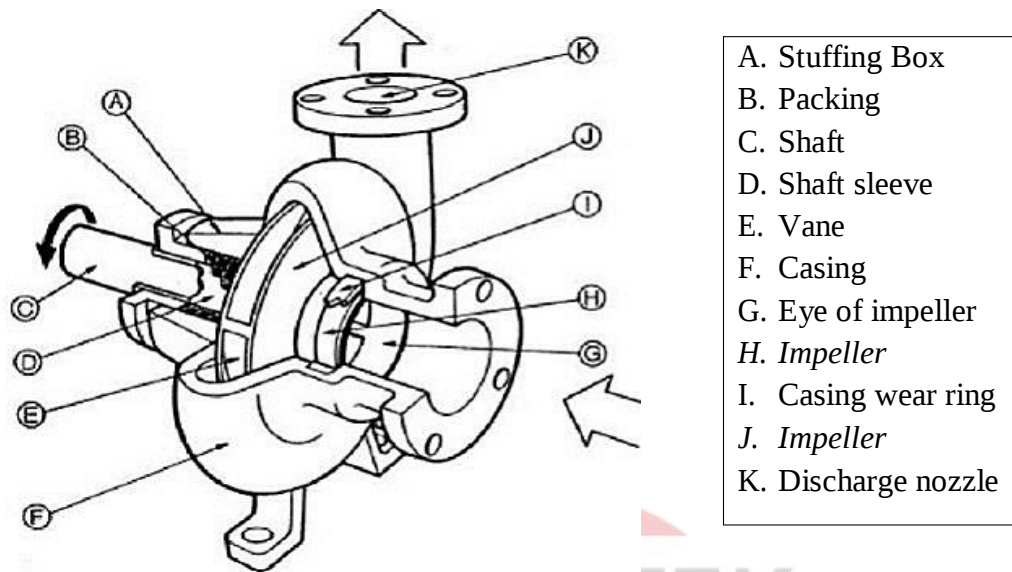
Pompa sentrifugal adalah jenis pompa yang mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) yang dimana *impeller* adalah sebagai alat bantu untuk memperbesar dan mempercepat debit fluida yang mengalir pada *volute* dengan tekanan (*pressure*) yang besar. Hal ini dipergunakan untuk mengalirkan air masuk dari tempat yang rendah (*suction*) ke tempat pembuangan/*outlet* yang jarak dan *head* yang cukup tinggi.



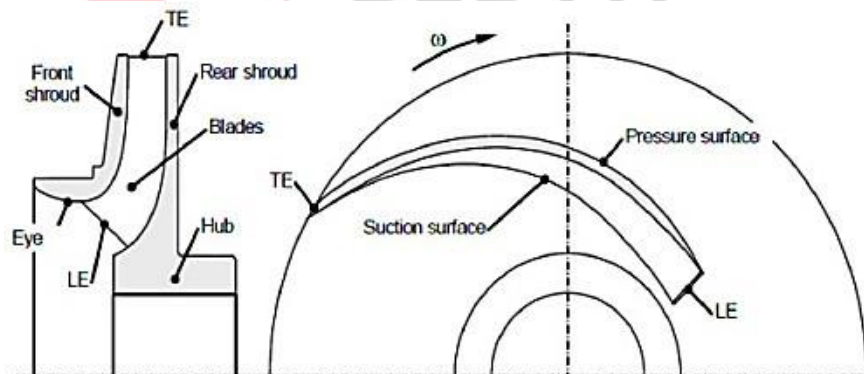
Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal

Sumber, Hutabarat, Bendris Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Head (2019)

Pompa sentrifugal terdiri atas dua buah komponen utama dan satu komponen tambahan. Rumah pompa (*volute/cassing*) sebagai komponen statik dan *impeller* sebagai komponen berputar, kedua komponen ini merupakan komponen utama pompa. Sedangkan komponennya adalah *diffuser*. Komponen ini tersusun dari untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari *impeller* sehingga energi kinetik aliran dapat diubah menjadi energi tekanan.

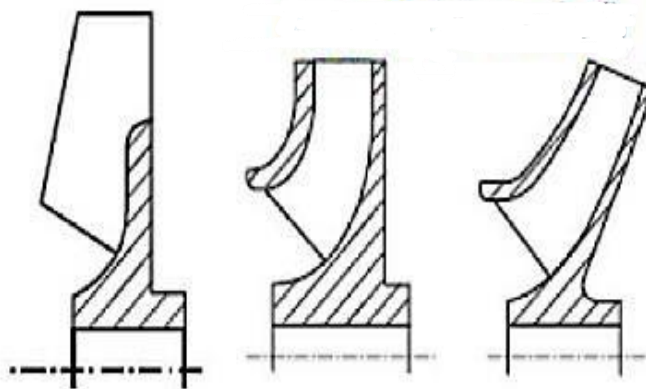


Gambar 2.2 skematik pompa sentrifugal
 Sumber, Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di – www.energyefficiencyasia.org



Gambar 2.3 skematik potongan impeller
 Sumber, Nurrochim, Festiawan W, Rancangan Pompa Pengisi Air Ketel Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Kapasitas 200 MW, 2016)

Impeller adalah sebuah piringan dengan kurva sudu-sudu yang terletak secara vertikal dari permukaan piringannya. Komponen *impeller* terdiri dari hub, selubung/tip belakang (*rear shroud*), selubung depan (*front shroud*) dan sudu (*blades*) untuk mentransferkan energi serta memberi kerja pada fluida cair sehingga energinya membesar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 jenis *impeller*

(Sumber, Nurrochim, Festiawan W, Rancangan Pompa Pengisi Air Ketel Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Kapasitas 200 MW, 2016)

Umumnya *impeller* dibedakan menjadi dua tipe yaitu *impeller* terbuka (*open impeller*) dan *impeller* tertutup (*enclosed* atau *shrouded impeller*). Tipe *impeller* terbuka mempunyai konfigurasi sudu-sudu yang disusun pada hub terbuka satu sama lain sedangkan pada *impeller* tertutup, sudu-sudu ditutupi oleh hub dan ujung *shroud* seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. (Wahyu Setiawan Nurrochim, hal.18-19)

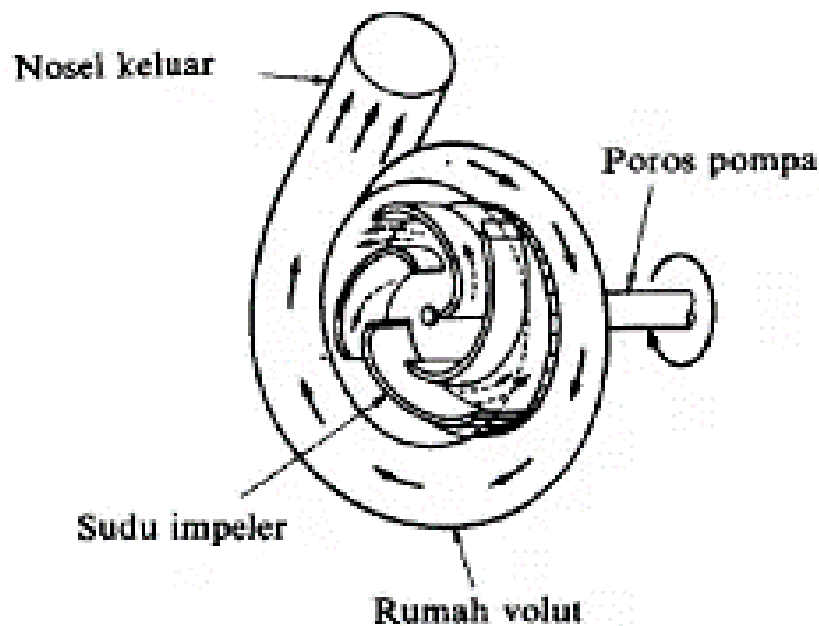
2.2 Klasifikasi Susunan *Impeller*

impeller yang terdapat pada pompa sentrifugal dibagi menjadi 4 jenis susunan *impeller*, antara lain sebagai berikut :

- *Single stage*, terdiri dari satu *impeller* dan satu *casing*.
- *Multi Impeller & Multi stage*, kombinasi *multi impeller* dan *multi stage*.
- *Multi stage*, terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun seri dalam satu *casing*.
- *Multi Impeller*, terdiri dari beberapa *impeller* yang tersusun paralel dalam satu *casing*.

2.3 Kerja Pompa Sentrifugal

Seperti diperlihatkan dalam gambar 2.5 pompa sentrifugal mempunyai sebuah *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* didalam zat cair. Maka zat cair yang ada didalam *impeller*, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar.



Gambar 2.5 Bagian aliran fluida didalam pompa sentrifugal
Sumber, Definisi Pompa Sentrifugal – TN Sipil (tneutron.net)

Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari *impeller* ditampung oleh saluran berbentuk *volute* (spiral) dikeliling *impeller* dan disalurkan keluar pompa melalui *nozzle*. Didalam *nozzle* ini *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan. Jadi *impeller* pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi persatuan berat atau *head total* zat cair antara *flens* isap dan *flens* keluar pompa disebut *head total* pompa.

Dari uraian di atas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan *head* tekanan, *head* kecepatan, dan *head* potensial pada zat cair yang mengalir secara *continue*. ("Pompa dan Kompresor", IR. Soelarso, hal.4)

2.4 Sistem Pemipaan

Sistem pemipaan adalah suatu sistem jaringan pipa yang terpasang pada sebuah rangkaian yang memiliki fungsi untuk menyalurkan fluida padat, cair maupun gas. Komponen yang terdapat sistem pemipaan meliputi pipa, *flange*, *fitting*, pembautan, *gasket*, *valve*, dan bagian-bagian dari komponen pemipaan lainnya. Ini juga termasuk gantungan pipa dan *support* dan item lainnya yang

diperlukan untuk mencegah tekanan dan tegangan berlebih dari komponen - komponen yang bertekanan. Berikut komponen sistem pemipaan.

2.4.1 Pipa

Pipa didefinisikan sebagai lingkaran yang memanjang dengan jenis material mulai dari besi, logam, kayu, pvc dan lain hal sebagainya. Pipa ini difungsikan Untuk memindahkan fluida cair padat dan gas dari satu tempat ke tempat lainnya.

2.4.2 Nominal Pipe Size (NPS)

Tabel 2.1 Pipe size designators: NPS dan DN

NPS Designator	DN Designator	Outside Diameter		Inside Diameter		Wall Thickness		Nominal Weight (Mass) per unit Length			
		(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	(Inches)	(mm)	Plain End (lb/ft)	Plain End (kg/m)	Threads & Couplings (lb/ft)	Threads & Couplings (kg/m)
1/8	6	0.405	10.3	0.269	6.8	0.068	1.73	0.24	0.37	0.25	0.37
1/4	8	0.540	13.7	0.364	9.2	0.088	2.24	0.43	0.63	0.43	0.63
3/8	10	0.675	17.1	0.493	12.5	0.091	2.31	0.57	0.84	0.57	0.84
1/2	15	0.840	21.3	0.622	15.8	0.109	2.77	0.85	1.27	0.86	1.27
3/4	20	1.050	26.7	0.824	20.9	0.113	2.87	1.13	1.69	1.14	1.69
1	25	1.315	33.4	1.049	26.6	0.133	3.38	1.68	2.50	1.69	2.50
1-1/4	32	1.660	42.2	1.380	35.1	0.140	3.56	2.27	3.39	2.28	3.40
1-1/2	40	1.900	48.3	1.610	40.9	0.145	3.68	2.72	4.05	2.74	4.04
2	50	2.375	60.3	2.067	52.5	0.154	3.91	3.66	5.44	3.68	5.46
2-1/2	65	2.875	73.0	2.469	62.7	0.203	5.16	5.80	8.63	5.85	8.67
3	80	3.500	88.9	3.068	77.9	0.216	5.49	7.58	11.29	7.68	11.35
3-1/2	90	4.000	101.6	3.548	90.1	0.226	5.74	9.12	13.57	9.27	13.71
4	100	4.500	114.3	4.026	102.3	0.237	6.02	10.80	16.07	10.92	16.23
5	125	5.563	141.3	5.047	158.2	0.258	6.55	14.63	21.77	14.90	22.07
6	150	6.625	168.3	6.065	154.1	0.280	7.11	18.99	28.26	19.34	28.58
8	200	8.625	219.1	7.981	202.7	0.322	8.18	28.58	42.55	29.35	43.73
10	250	10.750	273.0	10.020	254.5	0.365	9.27	40.52	60.29	41.49	63.36
Standard Pipe											
12"	300	12.750	323.8	12.000	304.8	0.375	9.52	49.61	73.78	51.28	76.21

Note: NPS 12 dimensions are for standard wall pipe, not schedule 40.

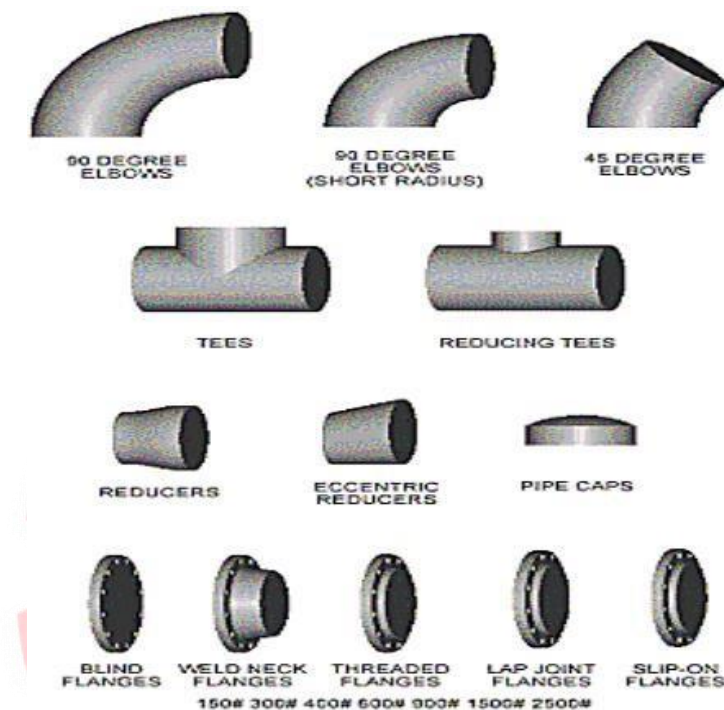
Sumber, Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 05, No. 3, Oktober 2016

Nominal pipe size (NPS) adalah penanda ukuran pipa yang berdimensi. NPS berfungsi sebagai petunjuk standar ukuran pipa. Diameter nominal (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metrik.

2.4.3 Fitting

Fitting adalah komponen dalam sistem pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah menyebarkan memperkecil atau memperbesar aliran. Adapun

pengelompokkan *fitting* antara lain *elbow*, *cross* (silang) *reducer*, *tee*, *cap* (penutup) dan *elbowlet*.



Gambar 2.6 *Fitting*

Sumber, Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 05, No. 3, Oktober 2016

2.5 Head Pompa

Head pompa adalah energi per-satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Menurut persamaan bernoulli, ada tiga macam *head* (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu, energi tekanan, energikinetik dan energi potensial. Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus sebagaiberikut :

$$H = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 1)$$

Dimana

H : *Head* total pompa (m)

$\frac{p}{\gamma}$: *Head* tekanan (m)

$\frac{V^2}{2g}$: *Head* kecepatan (m)

Z : *Head* statis pompa (m)

2.6 *Head* Kecepatan

Head kecepatan adalah perbedaan antar *head* kecepatan zat cair pada saluran tekan dengan *head* kecepatan zat cair pada saluran isap.

$$H_k = \frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} \dots\dots\dots 2)$$

Dimana:

H_k : *Head* kecepatan (m)

$\frac{V_d^2}{2g}$: kecepatan zat cair pada saluran tekan (m)

$\frac{V_s^2}{2g}$: Kecepatan zat cair pada saluran isap (m)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

2.7 *Head* Statis Total

Head statis total adalah perbedaan tinggi antara permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi isap.

$$Z = Z_d - Z_s \dots\dots\dots 3)$$

Dimana:

Z : *Head* statis total (m)

Z_d : *Head* statis pada sisi tekan (m)

Z_s : *Head* statis pada sisi isap (m)

2.8 *Head* Tekanan

Head tekanan merupakan energi yang dibutuhkan untuk mengatasi perbedaan tekanan pada sisi isap dengan sisi tekan. Dalam sistem kerja ini tekanan air memasuki pompa adalah sama dengan tekanan keluar yaitu 1 atmosfer, maka beda *head* tekanan pada sistem ini adalah nol.

$$H = (P_d - P_s) / (\rho \cdot g) \dots\dots\dots 4)$$

Dimana :

P_s : Tekanan pada sisi isap (m)

P_d : Tekanan pada sisi tekan (m)

ρ : Massa jenis air (kg/m^3)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

2.9 Head Loss

Dalam penginstalan pipa HDPE yang dipergunakan untuk mengalirkan air yang bertekanan pasti memiliki *head loss*. *Head loss* ini adalah penurunannya tekanan air yang mengalir pada pipa HDPE. *Head loss* ini dibagi menjadi 2 yaitu *major head loss* dan *minor head loss*.

2.9.1 Major head loss

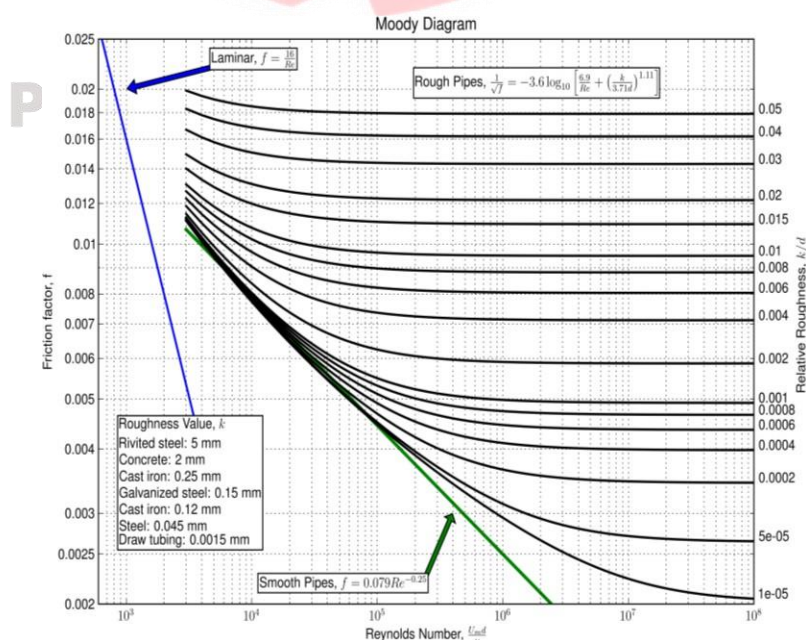
Major head loss adalah penurunannya tekanan air/fluida karena gesekan antara air yang mengalir dengan pipa HDPE. Jika dirumuskan maka :

$$H_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 5)$$

Dimana :

- H_{lp} : *Major losses* (m)
- f : *friction factor*
- L : Panjang pipa (m)
- V : Kecepatan rata-rata (m/s)
- d : Diameter pipa (m)
- g : Percepatan gravitasi (m/s²)

Faktor gesekan (f) dapat dicari dengan menggunakan diagram moody dibawah.



Gambar 2.7 Diagram Moody

Sumber, Moody Diagram | Software Configuration Tips from an Idiot (wordpress.com)

2.9.2 Minor Head Loss

Minor head loss adalah penurunannya tekanan air/fluida pada saat mengalir mulai dari awal masuk *suction*, sambungan pipa/*fitting* atau tanpa sambungan *fitting/butt fission*, katup/*valve*, tikungan atau belokan pada saat penginstalan pipa HDPE dan sambungan antara pipa HDPE.

$$H_{lf} = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots 6)$$

Dimana :

H_f : Kehilangan tekanan (m)
 k : Koefisien gesekan
 V : Kecepatan aliran (m/s)
 g : Percepatan gravitasi (m/s²)

2.10 Total Losses

Total losses adalah total dari keseluruhan kerugian dalam sistem permipaan dan dapat dirumuskan :

$$H_{ls} = H_{lp} + H_{lf} \dots\dots\dots 7)$$

Dimana :

H_l : *Total losses* (m)
 H_{lp} : Jumlah *major losses* (kerugian gesekan dalam pipa) (m)
 H_{lf} : Jumlah *minor losses* (kerugian head pada *fitting* dan *valve*) (m)

2.11 Persamaan Bernoulli

Hukum bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas, akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas tersebut. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida tersebut (Zainudin, 2012:15). Untuk bilangan Reynolds number dapat dihitung dengan rumus :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots 8)$$

Keterangan :

Re : Reynolds Number
 ρ : Density cairan (kg/m³)
 V : Kecepatan rata-rata (m/s)
 d : Diameter pipa (m)

μ : Viscositas absolute cairan (kg/ms)

Apabila :

- aliran laminar ($Re < 2300$),
- aliran turbulent ($Re > 4000$)
- aliran transisi ($Re > 2300 < 4000$)

Tabel 2.2 Sifat-sifat air

Temp. <i>T</i> , °C	Saturation Pressure <i>P</i> _{sat} , kPa	Density ρ , kg/m ³		Enthalpy of Vaporization <i>h</i> _{fg} , kJ/kg	Specific Heat <i>c_p</i> , J/kg · K		Thermal Conductivity <i>k</i> , W/m · K		Dynamic Viscosity μ , kg/m · s		Prandtl Number Pr		Volume Expansion Coefficient β , 1/K Liquid
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4186	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵			

Sumber, (Cengel, 2006)

2.12 Kavitasi

Kavitasi merupakan timbulnya uap cair yg sedang mengalir sebagai akibatnya membentuk gelembung – gelembung uap, Hal ini terjadi karena tekananaliran pompa berkurang hingga dibawah tekana uap jenuhnya. Jika gelembung tersebut pecah maka akan menyebabkan *shock* dalam dinding yang berada didekatnya. Pompa yang mengalami kavitasi akan mengeluarkan suara berisik dangetaran. Jika hal ini dibiarkan secara terus menerus, maka pompa akan menurun performanya serta dinding saluran genre yang mengalami kavitasi akan mengalami kerusakan.

Permukaan dinding akan termakan sehingga menjadi berlubang – lubang (bopeng). Peristiwa ini diklaim erosi kavitasi, sebagai akibat berdasarkan tumbukan antara gelembung – gelembung uap yang pecah secara terus menerus.

Angka kavitasi Thoma (σ_p) di temukan oleh Thoma pada tahun 1931 yang pada mulanya digunakan untuk mengetahui proses kavitasi yang terjadi padaturbin. Besaran ini menunjukkan perbandingan antara beda tekanan *suction* dan tekanan uap jenuh pada temperatur cairan terhadap kuadrat kecepatan cairan tersebut. Angka kavitasi ditunjukkan oleh persamaan:

$$\sigma_p = \frac{P_s - P_{vp}}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2} \dots\dots\dots 9)$$

Dimana :

- σ_p : Angka kavitasi Thoma
- p_s : Tekanan pada *suction* (N/m²)
- p_{vp} : Tekanan uap jenuh pada temperatur cairan (N/m²)
- ρ : Massa jenis cairan (kg/m³)
- V_∞ : Kecepatan cairan memasuki *impeller* pompa (m/s)



Gambar 2.8 Erosi kavitasi

Sumber, Repair Kerusakan *Impeller* Pompa Akibat Kavitasi | PT. PMP (pt-pmp.co.id)

Bilangan ini merupakan parameter untuk menunjukkan kapan saat terjadinya kavitasi (*cavitation inception*). Parameter ini mempunyai nilai yang berbeda-beda untuk setiap jenis cairan, karena setiap cairan mempunyai kemampuan yang berbeda untuk melarutkan beberapa gas.

2.13 Penurunan *Preassure Loss*

Pressure loss adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik didalam pipa atau aliran air (Hasris Mujiyanto, 2016). Secara matematis, *pressure drop* pada pipa horizontal adalah sebagai berikut :

$$\Delta P = \Delta P_L = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2} \dots\dots\dots 10)$$

Dimana :

ΔP_L = *Pressure drop* (N/m²)

f = *Friction factor*

L = Panjang instalasi pipa (m)

d = Diameter Pipa (m)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/s)

2.14 Penelitian Pendahulu

Tabel 2.3 Penelitian pendahulu

Penulis	Judul Penelitian	Hasil Yang Didapatkan
Siti Aisyah, Zulham Effendi, Wahyu Yoga Pratama	Analisa Head Losses pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya Kavitasi Pompa	Diameter penampang pipa berpengaruh terhadap besarnya nilai head losses yang dihasilkan, semakin besar diameter pipa maka semakin kecil nilai head losses yang dihasilkan.
Ismail Eka Putra, Sulaiman, Ari Galsha (2017)	Analisa Rugi Aliran (<i>Head Losses</i>) Pada Belokan PVC	Pipa yang menggunakan <i>elbow</i> 90 derajat memiliki hambatan yang lebih besar karena memiliki tikungan yang tajam, sedangkan <i>elbow</i> 45 derajat memiliki hambatan yang lebih kecil sehingga menyebabkan laju aliran fluida lebih cepat dan besar.

Priyo Ariwibowo, (2019)	Analisa Penurunan <i>Head Losses</i> Pada Belokan Pipa 180° Dengan Variasi <i>Non Tube Bundle</i> , <i>Tube Bundle</i> 0,25 Inchi, dan <i>Tube Bundle</i> 0,5 Inchi	Hubungan antara tekanan dan kecepatan fluida adalah berbanding terbalik yang artinya apabila nilai tekanan rendah maka nilai kecepatan akan tinggi dan sebaliknya apabila nilai tekanan tinggi maka nilai kecepatan akan rendah.
Bendris Hutabarat, (2019)	Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Dengan Variasi <i>Head</i>	Dengan menambah bukaan katup dapat mempengaruhi unjuk kerja pompa dan variasi head pompa. Dengan menambah bukaan katup sangat berpengaruh terhadap kapasitas aliran air yang dihasilkan oleh pompa.