



Rancangan Pompa Sentrifugal Bertingkat Banyak Berkapasitas 1500 Gpm Tekanan 700 Psi

Multistage Centrifugal Pump Design Capacity 1500 Gpm Pressure 700 Psi

Khairuddin Tampubolon^{1*}, Fider Lumban Batu², Hetty Elfina³

^{1,2,3}Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

Corresponding author*: khair.tb@gmail.com

Abstrak

Pemakaian pompa awalnya hanya terbatas pada penyediaan air untuk keperluan sehari-hari, tetapi seiring dengan berkembangnya teknologi pompa digunakan juga pada pabrik-pabrik kimia, pertambangan minyak, perusahaan air bersih dan sektor-sektor lain. Penulisan ini diawali dengan pengumpulan data mengenai pompa, kemudian dilanjutkan dengan studi referensi mengenai perencanaan pompa, berbagai pertimbangan dan perhitungan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perencanaan pompa dan komponen pendukungnya yang disusun menjadi skripsi, akhirnya penulisan ini juga dilengkapi dengan gambar teknik dari pompa yang dirancang. Hasil perhitungan perancangan pompa adalah diperoleh pada 1) Fluida, 2) Pompa, 3) Impeller, 4) Difuser, 5) Sudu pengarah balik, 6) Rumah pompa, 7) Poros, 8) Kopling, 9) Bantalan, 10) Efisiensi. Selanjutnya untuk menghindari kavitasi maka pompa harus dipasang pada instalasi yang memiliki NPSHA lebih dari 18.31 m.

Keyword: Rancangan; Pompa; Sentrifugal; Bertingkat Banyak.

Abstract

Initially, the use of pumps was limited to providing water for daily needs, but as technology developed, pumps were also used in chemical factories, oil mining, clean water companies and other sectors. This writing begins with collecting data about pumps, then continues with reference studies regarding pump planning, various considerations and calculations of the parameters needed for pump planning and its supporting components which are compiled into a thesis, finally this writing is also equipped with technical drawings of the designed pump. The results of the pump design calculations are obtained at 1) Fluid, 2) Pump, 3) Impeller, 4) Diffuser, 5) Return guide vane, 6) Pump housing, 7) Shaft, 8) Clutch, 9) Bearing, 10) Efficiency. Furthermore, to avoid cavitation, the pump must be installed in an installation that has an NPSHA of more than 18.31 m.

Keyword: Design; Pump; Centrifugal; Multi-Story.

PENDAHULUAN

Pompa adalah peralatan mekanis untuk meningkatkan energi tekanan pada cairan yang di pompa. Pompa mengubah energi mekanis dari mesin penggerak pompa menjadi energi potensial tekan. Perubahan energi mekanis menjadi energi potensial tekan fluida tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Menggunakan *plunger* dengan gerakan bolak-balik.
- b. Menggunakan sudu atau impeler yang berputar.
- c. Menggunakan fluida perantara baik gas maupun cair yang berkecepatan tinggi, kemudian dicampur dengan fluida yang berkecepatan rendah yang akan dipompakan.
- d. Memangas atau udara bertekanan tinggi yang diinjeksikan ke saluran fluida yang dipompakan

Pemakaian pompa awalnya hanya terbatas pada penyediaan air untuk keperluan sehari-hari, tetapi seiring dengan berkembangnya teknologi pompa digunakan juga pada pabrik-pabrik kimia, pertambangan minyak, perusahaan air bersih dan sektor-sektor lain.

Penggunaan pompa yang demikian luas dengan berbagai macam jenis dan bentuknya, memerlukan pengetahuan yang cukup untuk merancang, membuat, maupun memilih tipe pompa yang tepat sesuai dengan kondisi dan lingkungan operasi yang dilayaninya. Mulai dari tujuan penggunaannya, jenis dan sifat fluida yang dipompa, keadaan lingkungan, head dan kapasitasnya, pemilihan penggerakannya, bahkan sampai instalasi dan perawatannya, secara umum pompa berfungsi untuk:

- a. Memindahkan fluida dari tempat yang berkedudukan rendah ketempat yang yang berkedudukan tinggi.
- b. Memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain yang bertekanan lebih tinggi.
- c. Memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu.
- d. Sirkulasi pada suatu proses di industri.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, pompa memiliki ruang pemakaian yang sangat luas, jenis dan ukurannya pun didesain sedemikian rupa guna memenuhi kebutuhan. Secara tekstual pompa adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi, atau dari daerah bertekanan rendah ke daerah bertekanan tinggi, atau melewati saluran dengan tahanan hidrolis tinggi. Pompa bekerja karena adanya perbedaan tekanan antara sisi masuk dan sisi keluar dari elemen bergerak pada pompa seperti impeler, piston, plunyer, lobe dan sebagainya.

Pompa mentrasfer energi mekanik dari penggerak mula ke fluida yang melewatinya, yang akan meningkatkan energi fluida untuk digunakan memindahkan fluida tersebut serta mengatasi tahanan hidrolis pipa. Sistem yang terdiri dari pipa isap, pompa dan pipa buang disebut sistem pemompaan

Kemudian Gas alam adalah salah satu bahan bakar gas yang termasuk dalam jenis bahan bakar fosil. Gas alam berasal dari gas yang terperangkap dalam lapisan batukapur (*limestone*) reservoir minyak bumi dengan tekanan antara 350 hingga 700 bar. Gas alam terdiri dari CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , serta sedikit fraksi gas-gas lain, diantara semua bahan bakar fosil, gas alam mempunyai nilai pembakaran yang tertinggi, yakni sekitar 55.800 kJ/kg atau 24.000 Btu/lbm.

METODE PENULISAN

Penulisan ini diawali dengan pengumpulan data mengenai pompa, kemudian dilanjutkan dengan studireferensi mengenai perencanaan pompa, berbagai pertimbangan dan perhitungan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perencanaan pompa dan komponen pendukungnya yang disusun menjadi skripsi, akhirnya penulisan ini juga dilengkapi dengan gambar teknik dari pompa yang dirancang.

Penulisan ini dititikberatkan pada perancangan komponen sistem mekanis pompa sentrifugal dan perhitungan prestasi pompa tersebut secara teoritis, yang secara umum terdiri dari :

- a. Perencanaan impeler meliputi jenis serta dimensi, difuser dan sudu pengarah, rumah pompa, saluran masuk dan saluran keluar, perapat dan seal, poros dan bantalan, pasak, pemilihan penggerak, dan bagian-bagian lain yang akan ditentukan pada bab selanjutnya.
- b. Perhitungan dan analisa karakteristik, efisiensi dan sifat-sifat lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gas alam sebagai bahan bakar gas mempunyai keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar cair. Keunggulan itu berupa tingkat keamanan, efisiensi, dan kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar cair. Berikut keunggulan gas alam dibandingkan dengan minyak solar :

Tabel 1. Keunggulan gas alam dengan minyak solar

No	Masalah	Perbandingan	
		Gas alam	Minyak solar
1	Keamanan	Lebih aman karena lebih ringan dari udara sehingga dapat dengan cepat menguap ke atas jika ada kebocoran	Kurang aman karena akan mengalir di atas permukaan tanah jika terjadi kebocoran
2	Pembakaran di Mesin	Karena sebagai gas, langsung bercampur dengan udara dalam pembakaran	Perlu disemprotkan sebagai partikel sebelum dapat terjadi pembakaran
3	Efisiensi Pembakaran	Menghasilkan api yang lebih bagus dan tidak meninggalkan bekas	Pembakarannya kurang sempurna dan menimbulkan jelaga
4	Lingkungan	Tingkat polusi udara lebih rendah	Tingkat polusi udara lebih tinggi
5	Kualitas	Tidak berwarna dan tidak berbau sehingga tidak menimbulkan suatu akibat pada produk yang dibuat	Warna dan baunya dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan

6	Faktor Lainnya	Tidak perlu ada tempat penyimpanan karena disalurkan lewat pipa	Perlu tempat penyimpanan karena disalurkan lewat kendaraan / kapal
---	----------------	---	--

Sumber : Makalah Seminar "Pengenalan Gas Alam Lapindo Brantas, Inc. Untuk Kawasan Industri" oleh Faiz Shahab, Hyatt Hotel Surabaya, 18 April 2001.

Tabel 2. Perbandingan Emisi Udara

No	Emisi	Gas alam (g/kg)	Solar (g/kg)
1	Partikel	0.008	0.017
2	SO ₂	0.027	3.600
3	HC	0.380	0.420
4	NO _x	3.010	3.350
5	N ₂ O	0.340	0.630
6	CO	0.340	0.630
7	CO₂	1879.4	3136.5

Sumber : Makalah Seminar "Pengenalan Gas Alam Lapindo Brantas, Inc. Untuk Kawasan Industri" oleh Faiz Shahab, Hyatt Hotel Surabaya, 18 April 2001.

Gas alam yang baru keluar dari reservoir bumi masih banyak mengandung gas-gas lain yang sifatnya merugikan, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan agar didapatkan gas alam yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh konsumen.

Gas alam yang diinginkan oleh konsumen biasanya mempunyai spesifikasi yang membatasi keberadaan CO₂ dan H₂S, hal ini dikarenakan selain korosif senyawa ini juga membahayakan bagi personil, menimbulkan bau dan mengurangi nilai bakar (*heating value*), sehingga membutuhkan material peralat yang tahan terhadap sifat-sifat diatas untuk mengolahnya.

Tekanan parsial gas asam yang terkandung dalam gas alam digunakan untuk menentukan kelayakan gas alam sebelum dikonsumsi, sesuai dengan standard NACE (*National Assosiation of Corrosion Engineers*), apabila gas CO₂ yang terlarut dalam air tekanan parsialnya melebihi 30 psia dan 0,05 psia untuk H₂S maka CO₂ dan H₂S harus dikurangi dengan alasan untuk meminimalisir tingkat korosifitas yang dapat ditimbulkan oleh CO₂ dan H₂S.

Pertimbangan khusus yang perlu diperhatikan dalam merancang pompa, adalah ketika pompa digunakan untuk memompakan fluida kerja dalam temperatur tinggi, hal-hal yang perlu diperhatikan tersebut adalah:

1. Jika elemen berputar (*impeller*) terbuat dari bahan yang berbeda dengan *casing* maka perlu diperhatikan akan terjadinya pengurangan *clearance* antara keduanya

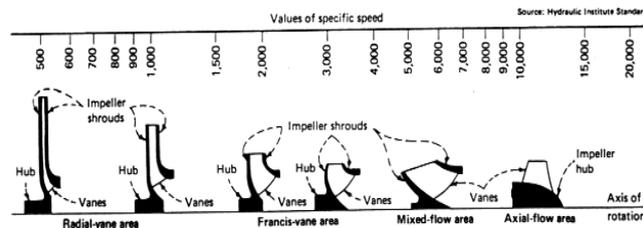
dikarenakan adanya pertambahan dimensi akibat pemuaian.

2. Perlengkapan seperti *shaft sleeves*, *ring impeller*, *casing wearing ring* yang awalnya terpasang erat pada saat dingin mungkin akan longgar akibat perbedaan temperatur atau perbedaan koefisien muai.
3. Impeler yang awalnya terpasang baik mungkin akan berubah posisi akibat terjadinya distorsi panas pada *casing*.

Perencanaan Impeler

Dalam perancangan Impeler ada beberapa elemen yang harus diperhatikan seperti:

- 1) Segitiga kecepatan
- 2) Kecepatan spesifik dan tipe impeler
- 3) Kecepatan spesifik kinematik
- 4) Kecepatan spesifik dinamik
- 5) Bilangan bentuk
- 6) Tipe impeler



Gambar 1. Bentuk dan Jenis Impeler Berdasarkan Kecepatan Spesifik (Sumber : Richard F. Neerken, *Fluid Movers*, Mc Graw-Hill, New York)

Karakteristik jenis-jenis impeler seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3, dapat rangkum sebagai berikut (Lazarkiewich S., *Impeller Pump*, Hal 125) :

- a. Impeler aliran radial : Arah aliran keluar fluida tegak lurus terhadap poros pompa; Kecepatan spesifik rendah ($n_{sf} = 30 \text{ \textasciitilde } 90$); Putaran poros pompa rendah; Kapasitas rendah; Tinggi tekan (*head*) besar; Bentuk sudu satu kelengkungan (*single curvature*).
- b. Impeler tipe Francis : Arah aliran keluar fluida tegak lurus terhadap poros pompa; Kecepatan spesifik menengah ($n_{sf} = 90 \text{ \textasciitilde } 240$); Putaranporos pompa, kapasitas pemompaan, dan tinggi tekan menengah.
- c. Impeler aliran diagonal : Arah aliran keluar fluida miring terhadapporos pompa; Kecepatan spesifik tinggi ($n_{sf} = 120 \text{ \textasciitilde } 450$); Putaran poros pompa tinggi; Kapasitas besar; Tinggi tekan rendah; Bentuk sududua kelengkungan (*double curvature*)
- d. Impeler aliran aksial (tipe propeler): Arah aliran keluar fluida searah poros pompa; Kecepatan spesifik tertinggi ($n_{sf} = 405 \text{ \textasciitilde } 640$); Putaran poros pompa tertinggi; Kapasitas pemompaan terbesar; tinggi tekanterendah dan bentuk sudu seperti propeler.
- e. Berdasarkan data pada Bab II, bahwa pompa yang direncanakan memiliki :
 - a. Kapasitas (Q) = $0.0946 \text{ m}^3 / \text{sec} = 5.678 \text{ m}^3 / \text{min} = 1500 \text{ GPM}$.

- f. Tinggi tekan / head per tingkat (H) = 98.32 m = 322.6 ft
- g. Putaran poros pompa (n) = 3000 rpm
- h. Berat jenis fluida (ρ) = 1028 kg/m³

7) Daya Pompa

Besarnya energi atau daya yang dibutuhkan untuk memutar poros pompa dipengaruhi oleh kapasitas pompa, tinggi tekan total pompa, berat jenis fluidayang dipompakan, serta efisiensi total pompa tersebut.

Perlu diperhatikan bahwa pompa nantinya akan digunakan pada kondisibeban yang tidak selamanya kontinyu dan direncanakan dalam waktu lama, maka diperlukan cadangan daya pada kondisi *overload* yang cukup besar, di samping itu juga untuk mengantisipasi tinggi tekan dinamis pada instalasi karena usia, pada perancangan impeler ini diambil persediaan daya sebesar 15 %. Sebagai acuan untuk pompa dengan kondisi operasi kontinyu besar cadangan daya yang harusdiberikan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. Cadangan daya berdasarkan P_{sh}

P _{sh} (Met. HP)	< 2	2 --> 5	5 --> 50	> 50
Daya Cadangan (%)	40	40 --> 25	25 --> 15	15 --> 10

Sumber: Lazarkiewich S, *Impeller Pump*, Hal. 472

Dengan demikian maka daya yang diberikan motor penggerak kepada pompa sesuai dengan perencanaan ditambah dengan daya cadangan adalah :

$$P_{sh} \approx 1,15 \times 768 = 883.2 \text{ HP}$$

Perencanaan Poros

Langkah awal dalam merencanakan sebuah poros adalah analisa beban-beban yang bekerja padanya, pada perancangan pompa *lean amine pump* ini,poros selain menerima beban puntir dari penggerak mula juga menerima beban aksial maupun radial. Tiga beban tersebut harus diikutsertakan dalam perhitungan dimensi poros, oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ulang dengan mengikutsertakan harga beban aksial maupun radial. Dalam pertencanaan poros ada bebrapa yang harus diperhatikan:

- 1) Gaya Aksial
- 2) Perhitungan gaya aksial
- 3) Perhitungan dimensi selah dan cakram
- 4) Gaya radial
- 5) Perhitungan berat impeller
- 6) Perhitungan berat cakram
- 7) Perhitungan berat kopling
- 8) Konstruksi Poros

Karakteristik Pompa

Hubungan Head Euler Dengan Kapasitas Pompa

Karakteristik sebuah pompa perlu diketahui sebelum pompa dioperasikan,

karakteristik pompa dapat diketahui dengan melakukan eksperimen terhadap pompa yang bersangkutan serta dengan melakukan pendekatan teoritis.

Head Euler dengan Kapasitas

Head Euler merupakan head yang didapat dari suatu persamaan yang didasarkan pada asumsi yang ideal, yaitu aliran fluida dianggap tanpa gesekan, tanpa turbulensi dan dengan jumlah sudu yang tak berhingga dengan harapan diperoleh pengarahannya pada fluida yang mengalir secara sempurna.

Head teoritis dan kapasitas

Aliran ideal menyatakan bahwa aliran mengalir tanpa gesekan dan diarahkan dengan sudu yang tak terbatas dan tanpa turbulensi, tetapi dalam praktek yang terjadi adalah sebaliknya, yaitu terjadi gesekan dan jumlah sudu yang terbatas serta sudu mempunyai ketebalan tertentu, dengan kondisi tersebut maka akan menghasilkan head yang lebih rendah dari pada head Euler. Head yang dihasilkan ini disebut sebagai head teoritis (H_{th}).

Head aktual dengan kapasitas

Head aktual adalah head teoritis dikurangi dengan rugi-rugi hidrolis selama pemompaan, hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan (M Khetagurov, *Marine Auxiliary Machinery And System*, hal 267)

Hubungan efisiensi dengan kapasitas pompa

Kemudian rugi-rugi yang terjadi pada pompa disebabkan oleh adanya kebocoran, kerugian hidrolis, kerugian karena gesekan pada cakram serta kerugian mekanis pada bantalan dan elemen berputar lainnya. Daya kuda yang diberikan pada pompa selain untuk mengatasi daya kuda fluida juga digunakan untuk mengatasi adanya kerugian-kerugian di atas. Daya kuda yang diberikan pada pompa disebut sebagai daya kuda rem (BHP), yang dinyatakan dalam persamaan (Austin H Chruch, *Pompa Dan Blower Sentrifugal*, hal 35):

$$BHP = FHP + HP_L + HP_{DF} + HP_H + HP_M$$

dengan;

FHP : daya kuda fluida (H_p)

HP_L : daya kuda untuk mengatasi kebocoran yang terjadi

(H_p) HP_{DF} : daya kuda untuk mengatasi gesekan pada cakram

(H_p) HP_H : daya kuda untuk mengatasi kerugian hidrolis (H_p)

HP_M : daya kuda untuk mengatasi kerugian mekanis (H_p)

KESIMPULAN

Rangkuman hasil perhitungan perancangan pompa adalah sebagai berikut:

1. Fluida

Fluida yang dipompa adalah *lean amine* yaitu larutan *amine* yang tidak mengandung CO_2 . dengan temperature $122^\circ C$ dan berat spesifik 1028 kg/m^3 .

2. Pompa

Pompa yang dirancng adalah pompa sentrifugal bertingkat banyak (lima tingkat) dengan isapan tunggal berkapasita 0.0946 m³/s dengan head total 496 m serta memiliki poros mendatar.

3. Impeller

Impeller yang dipakai adalah impeller jenis *single curvature* bertipe radial tertutup yang terbuat dari bahan perunggu fosor cor PBC 2B cetakan logam menurut standar JIS H 5113, adapun dimensinya adalah :

- | | |
|--|-----------|
| a) Diameter lubang poros (d_{sh}) | : 65 mm |
| b) Diameter <i>hub</i> depan (d_h) | : 85 mm |
| c) Diameter <i>hub</i> belakang (d_h') | : 97.5 mm |
| d) Diameter sisi masuk (d_1) | : 130 mm |
| e) Sudut sisi masuk sudu (β_1) | : 19.5° |
| f) Lebar sisi masuk sudu (b_1) | : 50 mm |
| g) Diameter sisi keluar (d_2) | : 270 mm |
| h) Sudut sisi keluar (β_2) | : 30° |
| i) Lebar sisi keluar (b_2) | : 25 mm |
| j) Tebal sudu ($s_1 = s_2$) | : 5 mm |
| k) Jumlah sudu (z) | : 8 buah |
| l) Tebal dinding (<i>shroud</i>) depan | : 6 mm |

4. Difuser

Difuser yang dirancang terbuat dari perunggu fosfor cor dengandimensi sebagai berikut:

- | | |
|-------------------|----------|
| a) Diameter dalam | : 275 mm |
| b) Diameter luar | : 400 m |
| c) Tebal sudu | : 5 mm |
| d) Jumlah | : 8 sudu |

5. Sudu pengarah balik

Sudu pengarah balik dalam skripsi ini mempunyai ukuran :

- | | |
|-------------------|-----------|
| a) Diameter dalam | : 400 mm |
| b) Diameter luar | : 150 m |
| c) Tebal sudu | : 3 mm |
| d) Jumlah | : 12 sudu |

6. Rumah pompa

Rumah pompa/casing terbuat dari bahan besi tuang kelabu (FC 20) dengan ketebalan 10 mm.

7. Poros

Poros dirancang bertingkat dan terbuat dari bahan baja nikel khrom molibden SAE 4340 dengan panjang total 1280mm, dengan diameterterkecil 50 mm dan diameter terbesar 65 mm.

8. Kopling

Kopling yang dipilih dalam skripsi kali ini adalah kopling flens luwes yang terbuat dari bahan besi karbon cor SC 49 sesuai dengan standar JIS G 5101 dengan dimensi :

A = 200 mm B = 140 mm C = 100 mm D = 50 mm
F = 18 mm G = 180 mm H = 35.5 mm K = 6 mm
L = 71 mm d = 18 mm n = 6 buah

9. Bantalan

Bantalan yang dipakai dalam perancangan kali ini adalah bantalan rol silinder jenis NU311EC. Bantalan ini digunakan untuk menahan beban radial, sedangkan untuk mengatasi beban aksial digunakan cakram penyeimbang.

10. Efisiensi dan Kavitas

Berdasarkan hasil perhitungan, pompa yang dirancang memiliki :

- a) Efisiensi total : 82.8 %
- b) Efisiensi volumetric : 92.9 %
- c) Efisiensi mekanis : 92.8 %
- d) Efisiensi hidrolis : 96%

Selanjutnya untuk menghindari kavitas maka pompa harus dipasang pada instalasi yang memiliki $NPSH_A$ lebih dari 18.31 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, C., H., Zulkifli, H., **Pompa dan Blower Sentrifugal**, Erlangga, Jakarta, 1990.
- Dietzel, F., **Turbin Pompa dan Kompresor**, Erlangga, Jakarta, 1992.
- Doborovolsky, V., **Machine Element**, Foreign Languages Publishing House, Moscow.
- Karrasik I., J., Krutzsch, W., Cincin, Warren F., Messina J., H., **Pump Handbook**, 2nd edition, McGraw Hill Company, USA, 1978
- Khetgurov M. **Marine Auxiliary Machine System**, Peace Publisher, Moscow Lazarkiewics, S., Tronskolanski, A., T., **Impeller Pump**, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1965.
- Makalah Seminar "Pengenalan Gas Alam Lapindo Brantas, Inc. Untuk Kawasan Industri" oleh Faiz Shahab, Hyatt Hotel Surabaya, 18 April 2001
- Matley, J., **Fluid Movers**, McGraw-Hill Publication Co. New York, 1979 Sato G.T, Sugiarto, **Menggambar Mesin Menurut Standar ISO**, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2000 SKF Catalogue, copy right 1981
- Spott M.F., **Design Of Machine Element**, 2nd Edition, Prentice Hall, New York, 1953
- Stepanoff, A., J., **Centrifugal and Axial Flow Pumps**, John Willey and Sons, New York, 1957.
- Khairruddin Tampubolon, & Koto, F. R. (2019). Analisis Perbandingan Efisiensi Kerja Mesin Bensin Pada Mobil Tahun 2000 Sampai Tahun 2005 Dan Mobil Tahun 2018 Serta Pengaruh Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Cara Perawatannya Sebagai Rekomendasi Bagi Konsumen. *Jmemme: Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*, 3(2), 76-83.
From [Http://Ojs.Uma.Ac.Id/Index.Php/Jmemme/Article/View/2773](http://Ojs.Uma.Ac.Id/Index.Php/Jmemme/Article/View/2773)

Wispi Elbar, Khairuddin Tampubolon, (2020), Pengaruh Campuran Silikon Pada Aluminium Terhadap Kekerasan Dan Tingkat Keausannya, *Jmemme: Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*, 4(2), 183-196.
From: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme/article/view/4070>

Khairuddin Tampubolon, Fider Lumbanbatu (2020), Analisis Penggunaan Knalpot Berbahan Komposit Untuk Mengurangi Tingkat Kebisingan Pada Motor Suzuki Satria, *Jmemme: Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*, 4(2), 174-182.
From: <http://www.ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme/article/view/4065>

Sularso, Suga Kyokatsu, **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**, P.T. Prandya Paramitha, Jakarta, 1987.

Sularso, Tahara, **Pompa dan Kompresor**, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2000

Tyler G Hicks, T. W. Edwards, **Pump Application Engineering**, McGraw-HillBook Company.