

ANALISA KINERJA POMPA SENTRIFUGAL KAPAL KERUK

Christofel Jarot Yudaputranto

Fakultas Teknologi Industri, cjarot@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

In general, a pump is a tool or machine that is used to move liquids from one place to another through a piping medium by adding energy to the fluid being moved and taking place continuously. Centrifugal force is the force that arises due to the movement of an object or particle through a curved (circular) path. Centrifugal force acts on the impeller to push the fluid to the outside so that the fluid velocity increases. In its application, a centrifugal pump is a pump that is very commonly used for pumping liquids in various industrial uses. One of them is a dredger used in the sludge dredging industry. From the pump data used, a study was carried out on the pumps used on the suction dredger to obtain pump power, head, capacity and energy efficient opportunities that can be achieved. From the results of the pump study, the following data were obtained: Efficiency (η) : 70 %, Head (H) : 30 m, Capacity (Q) : 10300 m^3 / hour / 2,861 m^3 /s, NPSHA : 53.75 m, Pump power (P) : 5446.34 Kw

Keywords: Pump, Centrifugal, Dredger.

ABSTRAK

Secara umum pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Gaya sentrifugal ialah gaya yang timbul akibat adanya Gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar). Gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat. Pada aplikasinya pompa sentrifugal merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk pemompa cairan dalam berbagai penggunaan industri. Salah satu nyapada kapal keruk yang digunakan dalam industri penegerukan lumpur. Dari data pompa yang digunakan kemudian dilakukan pengajian pompa yang digunakan pada kapal keruk jenis hisap untuk memperoleh daya pompa, head, kapasitas Efisiensi (η) senilai 70 %, Head (H): 30 m, Kapasitas (Q) : 10300 m^3 / jam / 2,861 m^3 /s, NPSHA : 53,75 m, dan Daya pompa (P) : 5446,34 Kw

Kata Kunci : Pompa, Sentrifugal, Kapal Keruk

1. PENDAHULUAN

Kapal keruk adalah perahu besar yang berfungsi untuk menyedot dan memindahkan lumpur pasir di dasar lautan. Material yang bisa diambil antara lain endapan lumpur, pasir, bahan tambang dan lainnya. Kapal keruk sering dipakai untuk mengeruk sungai, memperdalam jalur air pelabuhan, penambangan, reklamasi, pemasangan kabel dasar laut dan lainnya. Berdasarkan alat keruk terbagi menjadi kapal keruk penghisap (*suctiondredger*), kapal keruk timba (*bucket dredger*), kapal keruk *backhoe* dan *water injection dredger*.



Gambar 1.1. Backhoe Dredger

Pada kapal keruk tipe *Suction Dredger* (kapal keruk hisap). Material dari dasar air diambil dengan cara di hisap melalui pipa hisap yang ditaruh didasar air. Pada ujung pipa hisap bisa dipasang gerigi pemotong (*cutter*) untuk memperkecil ukuran material yang akan masuk pipa hisap sehingga mempercepat proses pengerukan. Berikut gambar kapal dengan jenis *Cutter – Suction Dredger* yang tabung penghisap memiliki kepala pemotong di pintu masuk penghisap.



Gambar 1.2. Cutter – Suction Dredger

Pompa hisap yang dipakai pada umumnya yaitu berjenis pompa sentrifugal. Material kerokan dari pompa kemudian di tampung di bak penampungan atau disalurkan ke tongkang. Pompa sentrifugal tersebut memiliki kapasitas hisap yang besar sehingga dapat menghisap material dari dasar perairan. Kapal keruk tipe hisap yang beroperasi di perairan sungai umumnya berukuran kecil dan tidak memiliki alat propulsi sehingga saat beroperasi memerlukan kapal pendukung lain seperti kapal tongkang, kapal kapal tunda dan kapal pengangkut jangkar.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berdasarkan pada usaha mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk melengkapi bahasan. Adapun metode pengambilan data yang penulis lakukan antara lain :

1. Mengamati proses kerja pompa sentrifugal pada kapal keruk, menghitung gaya yang di perlukan, dan menganalisa sistem perpipaan.
2. Tinjauan Pustaka,
3. Pengumpulan data-data serta bahan-bahan yang relevan dengan penulisan ilmiah yang disusun oleh penyusun dengan tinjauan Pustaka ke buku manual book yang ada di perusahaan dan mengajukan pertanyaan kepada para pekerja, dan pembimbing di tempat kerja praktik.

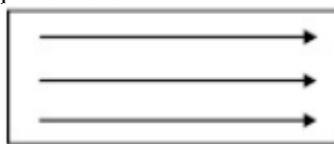
3. HASIL & PEMBAHASAN

Kapal keruk merupakan kapal yang memiliki peralatan khusus untuk melakukan pengerukan. Kapal ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan, baik dari suatu Pelabuhan, alur pelayaran, ataupun industri lepas pantai, agar dapat bekerja sebagaimana hal nya alat-alat levelling yang ada di darat seperti excavator dan bulldoser. Dalam pengoperasian kapal keruk, diperlukan pompa yang sesuai guna mendukung kinerja agar lebih efektif dan efisien.

Pompa yang digunakan pada kapal keruk adalah jenis pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal memiliki prinsip kerja yang mengubah energi kinetis yang berawal dari kecepatan aliran sebuah fluida menjadi energi potensial atau energi dinamis. Fluida tersebut mengalir melalui impeller yang berputar didalam casing pompa. Sifat dari hidrolis pompa ini adalah memindahkan energi yang terdapat pada daun (baling-baling) pompa dengan memakai dasar pengubah arah aliran atau yang juga disebut dengan fluida dinamis. Kapasitas yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal selalu sebanding dengan putaran. Pompa sentrifugal dikenal dengan bentuk yang sederhana, ringan dan tidak memakan tempat.

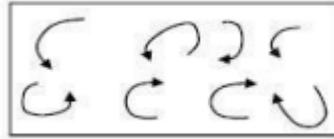
Pompa sentrifugal memiliki alur kerja yang bermanfaat dalam sebuah kapal keruk, mulai dari aliran fluida yang masuk melalui bagian tengah impeller dalam arah yang pada dasar nya aksial. Fluida keluar melalui celah-celah antara sudut dan piringan dan meninggalkan bagian luar impeller pada tekanan yang tinggi dan kecepatan agak tinggi Ketika memasuki *casing* atau *volute*. Aliran fluida terbagi menjadi tiga kategori yaitu :

1. Aliran Laminer untuk $Re < 2300$ arah alirannya teratur. Aliran Laminer adalah suatu kondisi aliran dimana partikel-partikel aliran fluida nya bergerak di sepanjang lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan atau laminar. Besarnya kecepatan dari fluida tidak sama.



Gambar 2.1. Aliran Laminer

- Aliran Turbulen untuk $Re > 4000$, kondisi aliran dimana partikel-partikel fluida yang bergerak dalam lintasan yang sangat tidak teratur dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari suatu bagian fluida ke bagian yang lain secara acak.



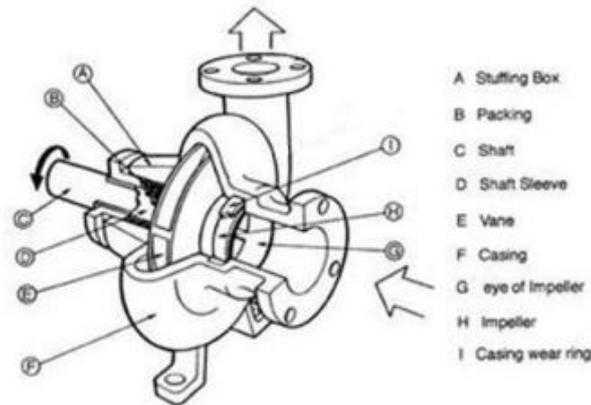
Gambar 2.2. Aliran Turbulen

- Aliran Transisi untuk $Re = 2300-4000$, Pada daerah transisi ini aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.



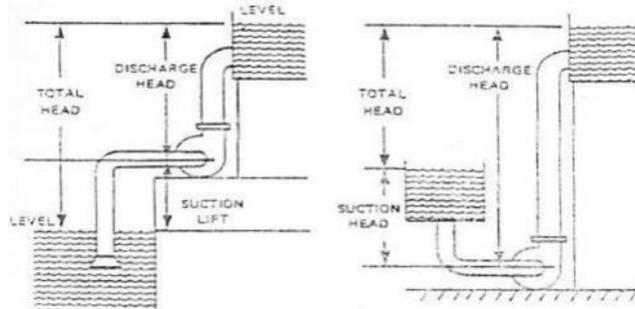
Gambar 2.3. Aliran Transisi

Volute akan mengubah *head kinectic* menjadi *head tekanan* sebelum fluida meninggalkan pipa keluaran pompa. Casing dilengkapi dengan sirip pemandu (*guide vane*), pompa tersebut disebut diffuser atau pompa turbin. *Impeller* yang berputar guna mengubah tenaga mesin ke tenaga kinetik. *Volute* mengubah tenaga kinetik ke bentuk tekanan, Karakteristik, dan performance pompa akan digunakan disesuaikan dengan fluida kerja, kapasitas pompa, ketinggian kenaikan dan faktor lainnya. Berikut gambar bagian-bagian dari pompa sentrifugal :



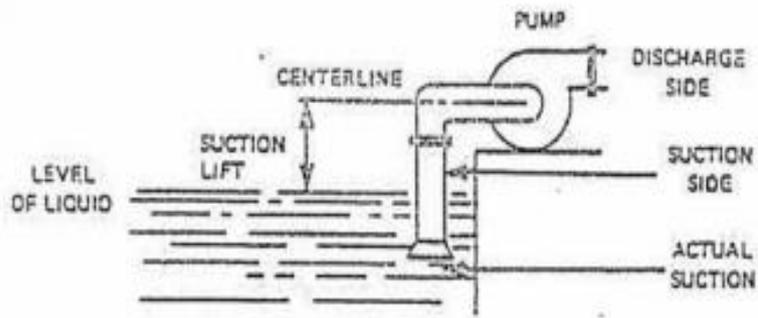
Gambar 2.4 Bagian Pompa Sentrifugal

Kerja yang ditampilkan oleh sebuah pompa merupakan fungsi dari head total dan berat cairan yang dipompa dalam jangka waktu yang diberikan. Daya batang torak pompa, dan dapat dihitung. Dalam prakteknya terdapat beberapa kesulitan dalam pengajian pompa yang perlu diperhatikan seperti tidak ada data pompa yang spesifik, hampir kebanyakan perusahaan tidak memegang dokumen asli peralatan (EOM) yang memberikan data-data tersebut. Dalam kasus seperti ini, persentase beban pompa untuk aliran pompa atau *suction head* tidak dapat diperkirakan secara memuaskan. Berikut penggambaran kerja pompa sentrifugal pada bagian *suction head* :



Gambar 2.5. Suction Head

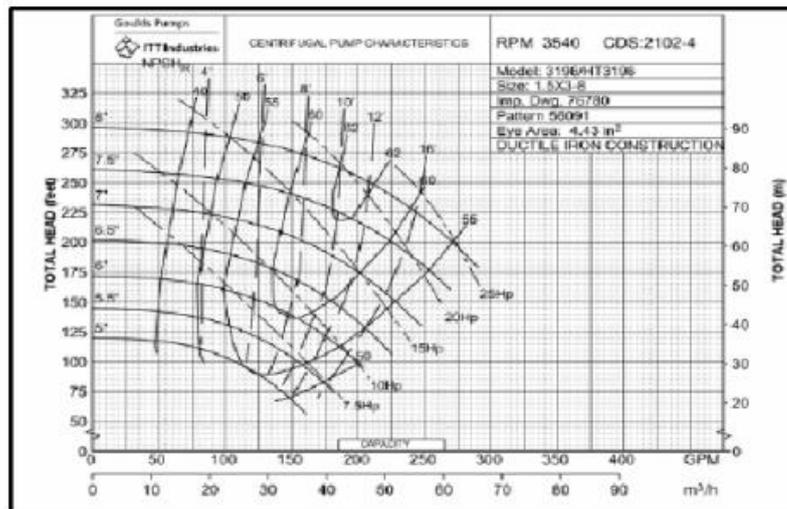
Selain *suction head* terdapat *suction lift* yang menunjukkan ukuran permukaan zat cair dengan titik pusat pompa, karena letak permukaan zat cair lebih rendah sehingga pompa membutuhkan gaya hisap untuk menarik fluida ke atas seperti gambar berikut :



Gambar 2.6. Suction Lift

Pengukuran debit aliran metode ini hanya dapat diterapkan jika suatu pompa berada dalam operasi dan jika kran pembuangan tangki tertutup. Cara yang paling canggih, tepat dan memakan waktu sangat sedikit untuk mengukur aliran pompa adalah dengan pengukuran yang menggunakan pengukur aliran ultrasonic. Serta kalibrasi yang tidak benar terhadap pengukur tekanan dan instrument pengukuran untuk itu diperlukan kalibrasi pengukuran yang benar pada seluruh pengukur tekanan pada jalur penghisapan dan pembuangan dan instrumen pengukur daya lainnya adalah penting untuk mendapatkan pengukuran yang tepat. Untuk mengurangi kesulitan dalam pengujian pompa terdapat beberapa peluang untuk mengurangi kesulitan tersebut yaitu :

- A. Pemilihan pompa yang sesuai, mencocokkan kurva sistem yang diberikan oleh pihak pengguna dengan kurva pompa yang memenuhi kebutuhan tersebut sedekat mungkin. Titik operasi pompa adalah titik pompa dimana kurva pompa dan kurva tahanan sistem berpotongan. Berikut gambar yang memperlihatkan kurva kinerja pompa yang dipasang penjual untuk pompa sentrifugal dimana cairan yang akan dipompa adalah air kotor :



Gambar 2.7. Kurva Kinerja Pompa Sentrifugal

Titik efisiensi / *Best Efficiency Point* (BEP) merupakan kapasitas pemompaan pada diameter impeller maksimum, dimana efisiensi pompa nya adalah yang paling tinggi. Diseluruh titik sebelah kanan atau kiri BEP memiliki efisiensi lebih rendah. BEP terpengaruh jika pompa yang terpilih ukurannya berlebih.

- B. Mengendalikan debit aliran dengan variasi kecepatan, kecepatan keliling *impeller* berhubungan langsung dengan kecepatan perputaran batang torak. Oleh karena itu variasi kecepatan putaran berpengaruh langsung pada kinerja pompa. Hal yang relevan untuk dicatat bahwa pengendalian aliran oleh pengaturan kecepatan selalu lebih efisien daripada oleh kran pengendali.
- C. Pompa dalam susunan parallel untuk memenuhi permintaan yang beragam, dengan mengoperasikan dua pompa secara parallel dan mematikan salah satu jika kebutuhan menjadi lebih rendah, dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan. Dapat digunakan pompa yang memberikan debit aliran yang berbeda-beda. Pompa yang dipasang secara paralel merupakan sebuah opsi jika *head* statik lebih rendah dari 50% dalam *head* total.

- D. Membuang kran pengendali aliran, metode ini menurunkan tekanan namun tidak mengurangi pemakaian daya, sebab head total (head statik) bertambah serta meningkatkan getaran dan korosi.
- E. Membuang kendali *by-pass*, pembuangan pompa dibagi menjadi dua aliran menuju dua pipa saluran yang terpisah. Salah satu pipa saluran mengirimkan fluida ke sumbernya.
- F. Kendali *start / stop* pompa, opsi ini dapat digunakan adalah bila sebuah pompa digunakan untuk mengisi tangka penyimpanan dimana fluida mengalir ke proses pada debit yang tetap. Pengendali dipasang pada tingkatan minimum dan maksimum di dalam tangki untuk menjalankan dan menghentikan pompa
- G. Memperbaiki keseimbangan *impeller*, dengan cara mengubah diameter *impeller* akan memberikan perubahan yang sebanding dengan kecepatan keliling *impeller*.
- H. Daftar periksa opsi merupakan daftar opsi yang paling penting untuk memperbaiki efisiensi energi pompa dan sistem perpompaan yang meliputi :
 1. Operasikan pompa mendekati titik efisiensi terbaiknya (BEP)
 2. Pastikan NPSH yang cukup pada lokasi pemasangan
 3. Modifikasi sistem pompa dan kehilangan pompa untuk meminimalkan penyumbatan
 4. Pastikan ketersediaan instrument dasar pada pompa seperti pengukur tekanan, pengukur aliran, dan lain-lain
 5. Sesuaikan terhadap variasi beban dengan menggunakan penggerak kecepatan yang bervariasi atau pengendali berurutan dari unit yang banyak
 6. Hindari pengoperasian lebih dari satu pompa untuk penggunaan yang sama
 7. Gunakan pompa pendorong atau booster untuk beban kecil yang memerlukan tekanan yang lebih tinggi
 8. Untuk memperbaiki kinerja alat penukar panas, dikurangi perbedaan suhu antara saluran masuk dan saluran keluar daripada meningkatkan debit aliran.
 9. Perbaiki sil dan paking untuk meminimalkan kehilangan cairan oleh tetesan
 10. Seimbangkan sistem untuk meminimalkan aliran dan menurunkan permintaan daya pompa
 11. Hindari *head* pemompa dengan penggunaan pengambilan jatuh bebas (gravitasi), dan gunakan efek sifon
 12. Lakukan keseimbangan air untuk meminimalkan pemakaian air, dengan demikian mengoptimalkan pengoperasian pompa
 13. Ganti pompa yang sudah tua dengan pompa yang efisien energinya

Pompa sentrifugal yang digunakan pada kapal keruk tipe hisap di PT. Pengerukkan Indonesia untuk mengalirkan air pada kapasitas $10300 \text{ m}^3/\text{jam}$ pada suhu 30°C dari sebuah *vessel* yang memiliki tekanan 5 kg/cm^2 (a) pada ketinggian 10m dibawah dari datum, melalui sistem perpipaan dengan pressure drop karena *friction* di hitung sebesar $0,5 \text{ kg/cm}^2$. Pompa digunakan untuk mengalirkan air tersebut ke sebuah *vessel* penerima yang memiliki ketinggian 30 m dari datum dan memiliki tekanan 30 kg/cm^2 (a). pressure drop karena *friction* termasuk *losses valves* di sisi buang di hitung sebesar 5 kg/cm^2 .

Perhitungan head pompa dan kebutuhan daya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Perhitungan *Total Pressure* di bagian sisi hisap (*Suction*)

Tekanan dalam <i>suction vessel</i>	$= +5 \text{ kg/cm}^2(\text{a})$
Tekanan karena elevasi, 10 m: $(10 \times 1 / 10) \text{ kg/cm}^2$	$= -1 \text{ kg/cm}^2$
<i>Pressure drop</i> total pipa <i>suction</i> + <i>losses</i> di <i>valves</i>	$= -0,5 \text{ kg/cm}^2$
Total Pressure di bagian sisi hisap	$= + 3,5 \text{ kg/cm}^2(\text{a})$
- Perhitungan total pressure dibagian sisi buang (*discharge*)

Tekanan di <i>discharge vessel</i>	$= +30 \text{ kg/cm}^2(\text{a})$
<i>Pressure drop</i> total pipa <i>discharge</i>	$= -5 \text{ kg/cm}^2$
Tekanan karena elevasi	$= -3 \text{ kg/cm}^2$
Total pressure dibagian sisi buang	$= + 22 \text{ kg/cm}^2(\text{a})$
- Perhitungan *differential pressure*

<i>Differential pressure</i>	$= 22 \text{ kg/cm}^2 - 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 18,5 \text{ kg/cm}^2$
<i>Differential Head</i>	$= 10 \times \text{Differential Pressure} / \text{SG}$
	$= 18,5 \times 10 / 1 \text{ m} = 185 \text{ m}$
2% <i>Safety factor</i>	$= 185 \text{ m} \times 0,05 = 9,25 \text{ m}$
<i>Required Differential Head</i>	$= 185 \text{ m} + 9,25 = 194,25 \text{ m}$
- Perhitungan kebutuhan daya

1. *Water Horse Power (WHP)*

$$WHP = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{1000 \times 3600} \text{ Kw}$$

Dimana :

- WHP = Daya Pompa Air (kW)
- P = Density air (1000 kg/m³)
- G = Gaya gravitasi (9,8 m/s²)
- Q = Flowrate (10300 m³/jam / (2,861 m³/detik)
- H = Required Head (194,25 m)

$$WHP = \frac{1000 \times 9,8 \times 2,861 \times 194,25}{1000}$$

$$= 5446,34 \text{ kW}$$

2. *Break Horse Power (BHP)*

$$BHP = \frac{WHP}{5}$$

Dimana :

- η = Estimated Pump Efficiency (%)
- Di asumsikan pompa memiliki efisiensi sebesar 70%, maka

$$BHP = \frac{5446,34 \text{ Kw}}{0,70} = 7780,48 \text{ kW}$$

- Perhitungan *Net Positive Suction Head Available (NPSH Available)*
 - Tekanan dalam suction vessel = +5 kg/cm²(a)
 - Tekanan karena elevasi, 10 m : (10×1 / 10) kg/cm² = -1 kg/cm²
 - Pressure drop total pipa suction + losse di valves = - 0,5 kg/cm²
 - Vapour pressure dari air pada suhu 30°C = -0,125 kg/cm²
 - = 5,375 kg/cm²
 - NPSHA = 5,375 × 10/1 m
 - = 53,75m

Jenis pompa yang sangat mendukung juga dapat dilakukan dengan cara meninjau *head* dan kapasitas pompa kemudian tabel (*chart*). Terdapat dua tipe pompa yang dapat dilihat dari segi *chart* yang dibutuhkan oleh kapal yaitu *single stage*, *double suction*, dan *horizontal multistage – single case*. Selanjutnya kapasitas dan NPSHR akan saling terkait untuk menentukan putaran dari *driver* pompa karena hal ini terkait dengan *suction specific speed* yang di ijinan dalam aplikasi-aplikasi *design* pompa

NPSHR didapatkan dari test yang dilakukan oleh pump manufacturer dan secara teoritis harus lebih kecil atau sama dengan NPSHA, namun NPSHR harus di pilih lebih kecil dari NPSHA dengan pertimbangan keakuratan pada design kita. Dalam aplikasinya *safety margin* minimum 0,5 m sampai 1 m biasanya cukup, namun jika bisa lebih besar akan lebih baik.

Suction specific speed dalam aplikasinya di batasi sampai 11000 (US gpm, ft) atau 13000 (m³ /jam, m) dan biasanya sudah di state dengan jelas dispecification yang di buat oleh engineering. Untuk pompa yang head perstage-nya besar (diatas 100 HP), bisa di ambil *maximum Suction specific speed* yang lebih kecil. Dalam pengecekkannya dapat dihitung sebagai berikut :

- N = 1500 rpm, 3000 rpm, 3600 rpm
- Q = 10300 m³/ jam
- NPSHR = 30 m (*safety margin* 23,75 m)
- Untuk n : 1500 rpm
 - S = (1500 × 103000,5) / 23,750,75) = 14150,1
- Untuk n : 3000 rpm
 - S = (3000 × 103000,5) / 23,750,75) = 28300,7
- Untuk n : 3600 rpm
 - S = (3600 × 103000,5) / 23,750,75) = 33960,4

Berdasarkan hasil perhitungan *suction specific speed* ternyata pada putaran sampai 3600 rpm tidak menjadi masalah, hal ini dikarenakan kita memiliki NPSHA yang besar sehingga kita tidak kesulitan dalam memilih putaran pompa.

Dalam hal ini tidak perlu menggunakan *double suction* karena *single suction* sudah mencukupi dari hasil perhitungan diatas (note: Q menjadi $Q/2$ pada *double suction*). Horizontal *multistage* dapat menjadi pilihan karena untuk *single stage head* cukup besar dan nanti akan menyangkut masalah *impeller tip speed* yang diijinkan dalam pendesainan *impeller*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ilmiah yang telah dilakukan mengenai Kerja Dari Pompa Sentrifugal pada Kapal Keruk, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem kerja pada pompa sentrifugal di kapal keruk menggunakan sistem pipa hisap.
2. Hasil Analisa yang di dapatkan dengan melihat kurva kinerja pompa kita dapat memperoleh hubungan antara head, efisiensi, BEP, serta BHP pada kinerja sebuah pompa Pada Kajian tersebut pompa diasumsikan memiliki η (Estimated PumpEfficiency) = 70 %, dan Keluhan yg biasa terjadi kurang vakum atau ngempos saat penghisapan.
3. Solusi saat masalah tersebut terjadi yaitu diatasi dengan memakai seal yang lebih tebal pada sistem pipa hisap menjadi lebih vakum dan bisa menghisap dengan lebih baik.

5.2. Saran

Dalam pemakaian pompa pada kapal keruk jenis hisap diperlukan head serta kapasitas yang lebih besar. Karena fluida yang dihisap oleh pompa sentrifugal tersebut berbeda. Untuk memperoleh kerja yang maksimal dari pompa pun perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Operasikan pompa mendekati titik efisiensi terbaiknya (BEP).
2. Pastikan NPSH yang cukup pada lokasi pemasangan.
3. Sesuaikan terhadap variasi beban dengan menggunakan penggerak.
4. kecepatan yang bervariasi atau pengendali berurutan dari unit yang banyak.
5. Hindari pengoperasian lebih dari satu pompa untuk penggunaan yang sama.
6. Ganti pompa yang sudah tua dengan pompa yang efisien energinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Church,Austin. H. 1993. “Pompa dan Blower Sentrifugal”. Jakarta.Erlangga.
- [2] Dietzel,Fritz. 1992. “Turbin,Pompa dan Kompresor”. Jakarta. Erlangga.
- [3] Sofi’I, Moch.Indra Kusna Djaja. 2008. “Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 2”.
- [4] Jakarta.Departemen Pendidikan Nasional.
- [5] www.energyefficiencyasia.org
- [6] www.agussuwasono.com
- [7] www.id.wikipedia.org/wiki/kapal_keruk
- [8] <http://ksbforblog.blogspot.com>
- [9] <http://beautifulminders.blogspot.com>
- [10] www.rukindo.co.id