

Studi Analisa Efektifitas Kapal Keruk pada Proyek Revitalisasi Danau Tempe

Andi Butsainah Tumaadir^{1*}, Sri Mulyani Muchtar¹, Fatmawaty Rachim²,
Rudi Hermansyah², Rizki Ayu Saraswati³

¹Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Sinjai

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar

³Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

*andibutsainah@gmail.com; ²srimumhtar8@gmail.com; ³fatmawatyrachim2@gmail.com;

⁴hermansyahrudi73@gmail.com; ⁶rizkiayusaraswati@umi.ac.id

Diajukan: 15 Maret 2025, Revisi: 19 Maret 2025, Diterima: 21 Maret 2025

Abstract

Minister of State for environment in 2011 established Lake Tempe as one of the 15 (fifteen) lakes that need to be prioritized handling. Along with population growth and changes in land use around Lake Tempe, there are also changes in the lake environment. Based on JICA data in 1980, sedimentation levels in Tempe lake state that sedimentation in the lake reaches 2.4 million m³ per year and sedimentation passing through the river reaches 1.8 million m³ per year and is estimated to increase sedimentation in the lake by 1 cm per year. The purpose of this study is to know and determine the effectiveness of dredge performance. From the results of the research and the effectiveness value of each type of dredge in the dredging of Tempe lake namely Sand Pump and Cutter Section Dredger (CSD). Sand Pump 3 (Toyo DPFS-50H) $50 \geq 35.2619$, Sand Pump 4 (Toyo DPF-75BH) $40 \geq 26.4833$, B-250 Minimax (BP12-10 GG High Chrome) $50 \geq 17.2915$, B-250 Minions (B3025-OV High Chrome) $40 \geq 15.4557$ and obtained the most effective type of dredge in tempeh lake dredging namely B-250 minions with an effectiveness value of $40 \geq 15.4557$.

Keywords: Dredger, Head, Lake Tempe, Pump

Abstrak

Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun 2011 menetapkan Danau Tempe sebagai salah satu diantara 15 (lima belas) danau yang perlu mendapat prioritas penanganan. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan tata guna lahan yang ada disekitar Danau Tempe, terjadi juga perubahan di lingkungan danau. Berdasarkan data JICA tahun 1980, tingkat sedimentasi di danau Tempe menyatakan bahwa konsentrasi sedimen di danau mencapai 2,4 juta m³ per tahun dan sedimen yang lewat sungai mencapai 1,8 juta m³ per tahun dan diperkirakan tinggi Peningkatan sedimentasi di danau sebesar 1 cm pertahun. Tujuan dari studi ini untuk mengetahui dan menentukan efektifitas kinerja kapal keruk. Dari hasil penelitan dan didapatkan nilai efektifitas dari masing-masing jenis kapal keruk dalam pengerukan danau Tempe yaitu Sand Pump dan Cutter Section Dredger (CSD). Sand Pump 3 (Toyo DPFS-50H) $50 \geq 35,2619$, Sand Pump 4 (Toyo DPF-75BH) $40 \geq 26,4833$, B-250 Minimax (BP12-10 GG High Chrome) $50 \geq 17,2915$, B-250 Minion (B3025-OV High Chrome) $40 \geq 15,4557$ dan didapatkan jenis kapal keruk yang paling efektif dalam pengerukan danau tempe yaitu B-250 minion dengan nilai keefektifitasan $40 \geq 15,4557$.

Kata Kunci: Danau Tempe, Head, Kapal Keruk, Pompa

1. PENDAHULUAN

Sedimentasi adalah proses di mana material batuan yang terbawa oleh aliran air atau angin akan mengendap menumpuk seiring waktu (Khatib, A.Y. Adriati Dan A. E. Wahyudi. 2013). Menurut (Prasetyo Hermawan et al., 2014), kekayaan sedimen umumnya dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama, yaitu sedimen kohesif dan sedimen non-kohesif. Sedimen kohesif terdiri dari endapan seperti lumpur (silt) dan tanah liat (clay) dengan ukuran partikel rata-rata lebih kecil dari 0,0625 mm. Sedangkan sedimen non-kohesif meliputi endapan seperti pasir (sand), kerikil (gravel), dan lainnya, dengan ukuran partikel rata-rata lebih besar dari 0,0625 mm.

Pengerukan, atau yang lebih dikenal dengan sebutan *dredging*, merupakan proses dilakukan untuk mengangkat tanah atau material dasar perairan, seperti sungai, muara, lau dangkal, atau danau. Setelah diambil, material tersebut akan dipindahkan ke lokasi lain (Yuwono et al. 2014). Salah satu tujuan pengerukan adalah untuk memperoleh material bangunan atau melakukan penimbunan lahan untuk pengembangan kawasan industri, pembangunan, pemukiman, dan sektor industri lainnya (Hijau et al., 2020).

Proses pengerukan umumnya melibatkan serangkaian kegiatan yang terbagi atas empat tahap, dimulai dengan penggalian material, kemudian pengangkatan secara vertikal, dilanjutkan dengan pemindahan secara horizontal, dan diakhiri dengan pembuangan atau pemanfaatan material hasil pengerukan. Sedangkan (Nugroho) dalam penelitiannya mengidentifikasi ada tiga tahapan fundamental dalam pekerjaan pengerukan di antaranya penggalian material, pengangkutan material, dan pembuangan material. Setiap tahapan ini secara spesifik melibatkan penggunaan kapal untuk pelaksanaannya (Rizkiansyah, 2020).

Berdasarkan data JICA tahun 1980, tingkat sedimentasi di danau Tempe menyatakan bahwa konsentrasi sedimen di danau mencapai 2,4 juta m³ per tahun dan sedimen yang lewat sungai mencapai 1,8 juta m³ per tahun dan diperkirakan tinggi Peningkatan sedimentasi di danau sebesar 1 cm pertahun. Permasalahan yang paling krusial yang dihadapi di danau Tempe adalah tingkat sedimentasi yang sangat tinggi. Terjadi secara alamiah yang dibawah oleh sungai-sungai besar yang bermuara di kawasan Danau Tempe, diantaranya sungai Walanae, sungai Bila, sungai Lawo, sungai Batu-batu dan sungai Biloka. Memperhatikan kondisi tersebut di atas, sangat diperlukan upaya Revitalisasi Danau Tempe dengan metode pengerukan sedimentasi, agar keberadaan dan fungsinya dapat dipertahankan. Dengan mempertimbangkan uraian sebelumnya, peneliti merasa tertarik untuk melakukan penelitian terkait efektifitas kapal keruk pada Proyek Revitalisasi Danau Tempe. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efektifitas dari beberapa jenis kapal keruk serta mengetahui jenis kapal keruk yang paling efektif untuk pengerukan Danau Tempe.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung dari tanggal Penelitian ini dilakukan pada tanggal 2 September 2024 sampai dengan 4 Oktober 2024. Penelitian ini dilaksanakan di Danau Tempe Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan

Metode Pengumpulan Data

Untuk mencapai tujuan penulisan dan mendapatkan data serta informasi yang diperlukan dalam pembahasan penelitian ini, penulis melakukan pengumpulan data melalui :

- a. Metode kepustakaan (*library orientation*) adalah proses pengumpulan data yang dilakukan melalui studi literatur, seperti karya ilmiah, bahan perkuliahan, dan sumber pustaka lain yang relevan dengan penulisan penelitian ini.

- b. Metode pengambilan lapangan (*field method*) merupakan teknik pengumpulan data secara langsung dari sumber di lapangan, yang didukung konsultasi bersama dosen pembimbing serta pihak terkait dalam proyek.

Cara Analisis

1. Perbedaan ketinggian antara sisi keluar dan masuk pompa, diukur relatif terhadap sumbu pompa, menghasilkan head statis.
2. Head tekanan mngacu pada head yang timbul akibat perbedaan tekanan antara sisi discharge dan sisi suction
3. Kecepatan kepala (head velocity) adalah kepala yang muncul akibat adanya perbedaan kecepatan aliran fluida antara sisi keluaran (discharge) dan sisi masuk (suction).
4. Nilai Total kerugian dalam sistem perpipaan diperoleh dengan menjumlahkan kerugian head yang signifikan (mayor) dan kerugian head yang lebih kecil (minor).

Perhitungan Head Pompa

Head didefinisikan sebagai jumlah energi mekanik yang dimiliki oleh setiap berat fluida yang bergerak. Menurut (Hermawan, 2014), energi per satuan berat diperlukan untuk mengalirkan cairan, yang dipengaruhi oleh kondisi pompa, disebut sebagai head. Disamping itu, istilah head juga merujuk pada tekanan yang diperlukan untuk mempermudah aliran fluida, yang lazim dinyatakan dalam satuan Panjang. Rumus untuk head secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \quad (1)$$

Dengan demikian, kita dapat mendefinisikan parameter-parameter sebagai berikut: P menunjukkan tekanan yang diberikan oleh zat cair dalam satuan kgf/m^2 , V merujuk pada kecepatan aliran rata-rata dalam m/s, γ mengindikasikan berat zat cair per satuan volume yang dinyatakan dalam kgf/m^3 , dan Z menggambarkan ketinggian yang diukur dalam satuan meter.

Head Statis Pompa

Head statis pompa dapat diartikan sebagai selisih ketinggian antara permukaan cairan di sisi keluaran dan permukaan cairan di sisi hisap (Bakhtiar, 2024). Untuk menghitung nilai head statis, kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$H_s = Z_2 \pm Z_1 \quad (2)$$

Berikut adalah penjelasan dari variable yang digunakan, Hs mewakili head statis pompa dalam satuan meter, Z2 adalah head statis pada sisi discharge (keluar) juga dalam meter, dan Z1 adalah head statis pada sisi suction (hisap) dalam meter.

Head Tekanan

Untuk melawan hambatan pada aliran fluida di sistem pompa, diperlukan tekanan yang disebut tekanan head (Fadhli, 2013). Nilai head pressure ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} \quad (3)$$

Diketahui bahwa Nilai $P_2 - P_1$ menunjukkan selisih tekanan yang terjadi di antara kedua permukaan, yaitu pada sisi masuk dan sisi keluar. Adapun ρ menunjukkan berat jenis cairan dalam satuan kg/m^3 , sedangkan G adalah percepatan gravitasi yang dinyatakan dalam m/s^2 .

Head Kecepatan

Selisih kecepatan fluida antara bagian keluar dan masuk pompa diistilahkan dengan head kecepatan (Prasetyo et al., 2014) . Untuk menghitung head kecepatan, dapat digunakan persamaan berikut:

$$H_v = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \tag{4}$$

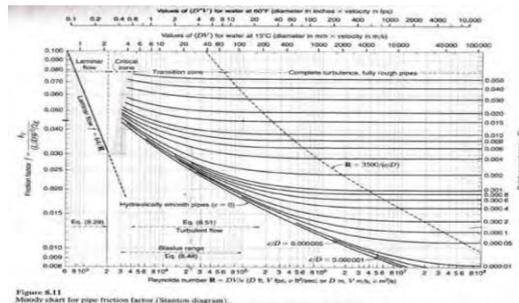
Berikut adalah definisi dari variabel kecepatan dan percepatan gravitasi: V_1 mewakili kecepatan rata-rata pada posisi hisap dalam satuan meter per detik, V_2 adalah kecepatan rata-rata pada posisi keluar juga dalam meter per detik, dan g adalah percepatan gravitasi bumi dalam meter per detik kuadrat

Head Mayor Loses

$$H_{lmayor} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \tag{5}$$

Diketahui bahwa L adalah panjang pipa dalam meter (m), D merupakan diameter pipa yang digunakan dalam meter (m), v adalah kecepatan fluida dalam meter per detik (m/s^2), f adalah faktor gesekan pipa yang dihitung dengan rumus $64/Re$ dalam kondisi aliran laminier

Harga f juga dapat ditentukan dengan menggunakan diagram *Moody*. Langkah yang perlu dilakukan adalah nilai bilangan Reynolds (Re) dan rasio kekarasan relatif (e/D) yang telah diketahui. Setelah itu, tariklah garis horizontal dari titik perpotongan kedua grafik untuk memperoleh nilai f . Di sini e digunakan untuk menunjukkan tingkat kekarasan rata-rata pipa, sementara D merujuk pada diameter pipa tersebut. Berikut ini adalah gambar diagram *Moody* (Muliadi et al., 2018) untuk referensi.



Gambar 1 Diagram Moody

Head Minor Loses

Kerugian head minor merujuk pada keugian head yang timbul pada fitting dan katub di sepanjang system perpipaan (Armaja et al., 2023). Fenomena ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara aliran fluida dan dinding pipa. Untuk menghitung nilai head minor losses, kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$H_{lminor} = n \times k \times \frac{v^2}{2g} \tag{6}$$

Diketahui bahwa n merupakan jumlah variasi, k adalah koefisien gesekan, v melambangkan kecepatan fluida dalam satuan meter per detik (m/s), dan g adalah percepatan gravitasi bumi diukur dalam meter per detik kuadrat (m/s^2)

Head Loss Total

Head merujuk pada total energi yang dibutuhkan untuk mengkompensasi kerugian-kerugian yang terjadi dalam system perpipaan, yaitu kerugian mayor dan kerugian minor (Vokasi Teknik et al., 2023.). Total nilai kerugian dapat dihitung dengan metode berikut:

$$Hl = Hlmayor + Hlminor \tag{7}$$

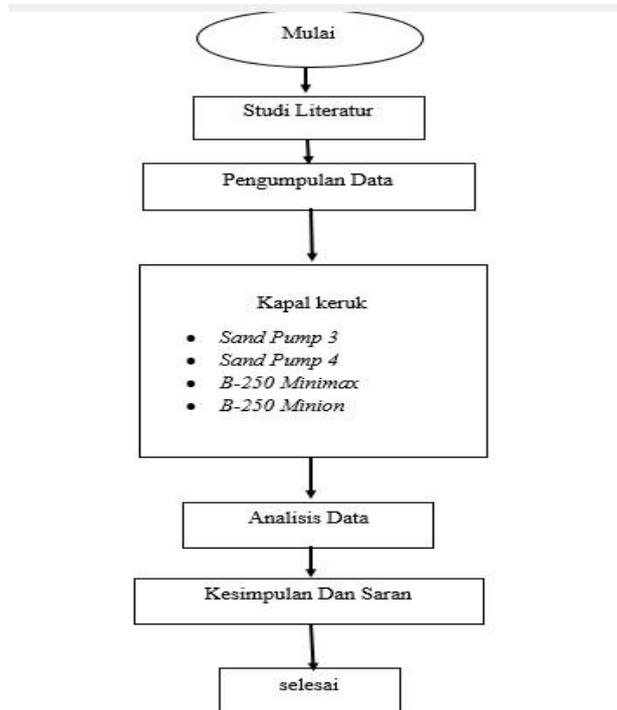
Diketahui Hl merupakan total kehilangan hed (m), sementara Hlmayor merujuk pada kehilangan head sebesar (m), dan Hlminor menunjukkan kehilangan head kecil (m).

Head Total

Head total merupakan kombinasi dari static head (Hs), pressure head (Hp), velocity head (Hv) serta head losses (Hl) yang terjadi pada sisi hisap dan sisi buang pompa (Burdah & ISWANTORO, 2021). Untuk menghitung nilai head total, dapat menggunakan metode berikut:

$$Ht = Hs + Hp + Hv + Hl \tag{8}$$

Diketahui bahwa Hs adalah head statis atau yang biasa disebut tinggi statis (m), Hp merupakan head *pressure* yang biasa disebut tinggi tekanan (m), Hv menunjukkan tinggi kecepatan atau yang disebut head *velocity* (m), dan Hl adalah head loss total atau total kehilangan (m)

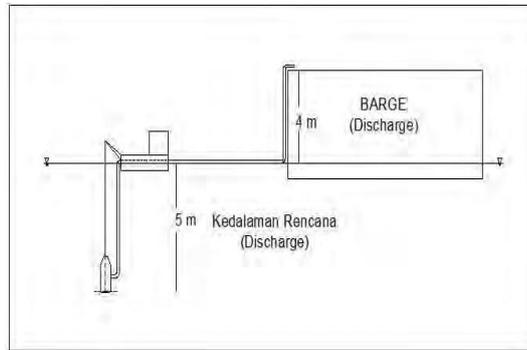


Gambar 2 Digaram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Performa Operasional Kapal Keruk

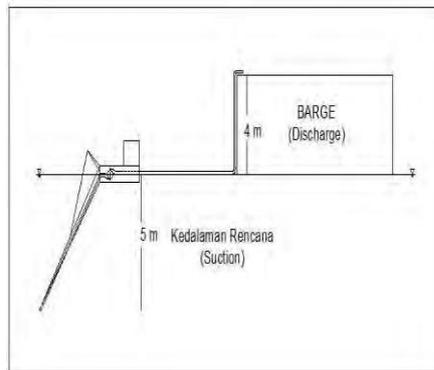
Analisis performa operasional kapal keruk bertujuan untuk mengevaluasi potensi operasionalnya saat beroperasi di lapangan. Metode pengerukan yang diterapkan dalam konteks ini adalah dredger. Dalam proyek pengerukan ini, sedimen diangkat dengan cara dihisap dan kemudian dialirkan melalui pipa. Proses penyedotan ini didukung oleh pompa yang terpasang di kapal. Untuk mengevaluasi evektifitas pompa yang digunakan, perlu dilakukan analisis terhadap head pompa. Analisis ini mencakup beberapa komponen, yaitu head statishead tekanan, head kecepatan serta head loss.



Gambar 3 Gambaran Sistem Sand Pump

$$\begin{aligned}
 \text{Head statis} &= \text{Head discharge} + \text{Head suction} \\
 &= (\text{Kedalaman rencana} + \text{Depth barge}) + \text{Head suction} \\
 &= (2 + 8) + 0 \\
 \text{Hs} &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jenis pompa yang digunakan pada cutter suction dredger adalah pompa sentrifugal, yang dipasang pada bagian atas kapal. Dengan demikian, perhitungan head statis dapat disusun sebagai berikut:



Gambar 4 Gambaran Sistem CSD

$$\begin{aligned}
 \text{Head statis} &= \text{Head discharge} + \text{Head suction} \\
 &= \text{Depth Barge} + \text{Kedalaman rencana} \\
 &= 2 + 8 \\
 \text{Hs} &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Head tekanan adalah jumlah energi yang dihasilkan akibat perbedaan tekanan antara sisi *discharge* dan sisi *suction*. Menurut (Fadhli, 2013) dalam kondisi alam terbuka head tekanan bernilai 0. Oleh karena itu, dalam studi kasus ini, dapat disimpulkan bahwa head tekanan adalah 0.

Tabel 1 Nilai Kecepatan Kapal Keruk

No	Jenis Kapal	V2 (m/s)	V1 (m/s)	Hv (m/s ²)
1	Sand Pump 3 (toyo DPFS-50H)	1,1414	0,1200	1,1012
2	Sand Pump 4 (toyo DPF-75BH)	1,6970	0,1558	1,1455
3	B250 Minimax (BP12-10 hight chrome)	1,1313	0,7856	0,0338
4	B250 Minion (BP3025-OV hight chrome)	0,8485	0,5892	0,0190

Kerugian energi yang dikenal sebagai head loss mayor merupakan akibat dari panjang pipa yang digunakan dalam system perpipaan. Menurut (Nurrohman, 2021) sebelumnya dapat dilakukan perhitungan head loses mayor, langkah awal yang perlu diambil adalah menentukan viskositas dinamis dari slurry (sedimen) yang akan disedot. Proses perhitungan ini dimulai dengan menghitung specific gravity dari slurry terlebih dahulu. Specific gravity ini penting untuk mengetahui densitas campuran antara air dan sedimen, yang pada gilirannya akan memengaruhi viskositas serta aliran dalam pipa.

$$SG \text{ Slurry} = \frac{1,02}{1 - 0,8575(1 - \frac{1,02}{2,57})} = 2,1125$$

Tabel 2 Reynold Number Kapal Keruk

No	Jenis Kapal	Re	Jenis Aliran
1	Sand Pump 3 (toyo DPFS-50H)	1474,0192	Laminer
2	Sand Pump 4 (toyo DPF-75BH)	2358,4308	Transisi
3	B250 Minimax (BP12-10 hight chrome)	1965,3590	Laminer
4	B250 Minion (BP3025-OV hight chrome)	1474,0192	Laminer

Selanjutnya, kita akan mencari *factor gesekan menggunakan* dengan persamaan $64/Re$ untuk aliran laminar. Pada kondisi aliran transisi dan turbulen, factor gesekan dapat ditentukan dengan bantuan diagram Moody. Berikut adalah tabel faktor gesekan untuk setiap jenis kapal keruk yang berlaku pada kondisi Re laminar.

Tabel 3 Friction Faktor pada Masing-masing Kapal Keruk

Kapal Keruk	f-64/Re
Sand Pump 3	0,04342
B250 Minimax	0,03256
B250 Minion	0,04342

Untuk *Sand Pump 4* yang beroperasi dalam zona transisi, factor gesekan dapat ditentukan dengan menggunakan diagram Moody. Prosesnya melibatkan memasukkan nilai bilangan Reynolds (Re) serta rasio kekasaran relatif (ϵ/D) ke dalam diagram tersebut. Diketahui bahwa rasio kekasaran relatif ϵ/D adalah $1/200$ yang setara dengan $0,005$. Sementara itu, nilai Re untuk Sand Pump 2 dapat digunakan sebagai referensi, sedangkan Re untuk Sand Pump 4 perlu dihitung atau dimasukkan ke dalam diagram. Dengan menggunakan diagram Moody, factor gesekan untuk Sand Pump 4 dapat diperoleh berdasarkan nilai Re dan ϵ/D yang telah disediakan.

$$Re \text{ sand pump } 4 = 2358,4308$$

Tabel 4 Nilai Head Loss Mayor

No	Jenis Kapal	F=64/Re
1	Sand Pump 3 (toyo DPFS-50H)	25,079
2	Sand Pump 4 (toyo DPF-75BH)	16,2185
3	B250 Minimax (BP12-10 hight chrome)	7,2224
4	B250 Minion (BP3025-OV hight chrome)	5,4168

Head loss minor adalah kerugian energi yang terjadi akibat perubahan arah aliran atau hambatan dalam system perpipaan, seperti pada katub, elbow, dan sambungan lainnya. Dalam studi kasus ini, variasi komponen yang berkontribusi terhadap head loss minor mencakup Sand pump yang dilengkapi dengan enam buah elbow 90 derajat serta cutter suction dredger yang memiliki empat buah elbow 90 derajat.

Tabel 5 Koefisien Gesekan Pada Masing-masing Kapal Keruk

No	Jenis Kapal	$k = \{0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5}\} \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$
1	Sand Pump 3 (toyo DPFS-50H)	0,1354
2	Sand Pump 4 (toyo DPF-75BH)	0,1354
3	B250 Minimax (BP12-10 high chrome)	0,1354
4	B250 Minion (BP3025-OV high chrome)	0,1354

Tabel 6 Nilai HL Minor Kapal Keruk

No	Jenis Kapal	HL Minion (m)
1	Sand pump 3 (toyo DPFS-50H)	0,0828
2	Sand pump 4 (toyo DPF-75BH)	0,1192
3	B250 minimax (BP12-10 high chrome)	0,0353
4	B250 minion (BP3025-OV high chrome)	0,0199

Tabel 7 Nilai Head Total Kapal Keruk

No	Jenis Kapal	Ht (m)
1	Sand pump 3 (toyo DPFS-50H)	35,262
2	Sand pump 4 (toyo DPF-75BH)	26,843
3	B250 minimax (BP12-10 high chrome)	17,292
4	B250 minion (BP3025-OV high chrome)	15,456

4. PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diperoleh nilai efektivitas dari berbagai jenis kapal keruk yang digunakan untuk pengerukan Danau Tempe yaitu Sand Pump dan Cutter Section Dredger (CSD). Untuk Sand Pump 3 (Toyo DPFS-50H), nilai efektivitasnya mencapai $50 \geq 35,2619$, sementara Sand Pump 4 (Toyo DPF-75BH) memiliki nilai $40 \geq 26,4833$, B-250 Minimax (BP12-10 GG High Chrome), efektivitasnya mencapai $50 \geq 17,2915$, dan B-250 Minion (B3025-OV High Chrome) dengan nilai efektivitas $40 \geq 15,4557$.
2. Dari hasil perhitungan didapatkan jenis kapal keruk yang paling efektif dalam pengerukan danau tempe yaitu B-250 minion dengan nilai keefektifitasan $40 \geq 15,4557$.

Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan kesimpulan yang telah disampaikan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sebelum memulai penelitian, disarankan untuk menemukan literatur yang memiliki kesamaan dengan topik yang akan diteliti.
2. Sebelum melakukan perhitungan, penting untuk mengumpulkan data teknis yang lengkap, karena hal ini akan mendukung analisis yang lebih akurat.
3. Penyelidikan sebaiknya dilakukan dengan teliti, agar diperoleh data yang diperoleh dengan tujuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Armaja, R., Akbar, A., & NADLIROH, K. (2023). *Analisa Head losses Aliran Laminar pada Instalasi Perpipaian Laboratorium FDM*.
- Bakhtiar, F. (2024). *EVALUASI KINERJA SALURAN DRAINASE DAN PEMODELAN OPERASI POMPA BANJIR PADA KAWASAN JL. MADUKORO KOTA SEMARANG*.
- Burdah, I., & ISWANTORO, A. (2021). *Desain Sistem Perpipaian Pada Sistem Penunjang Motor Induk Harbour Tug Diesel–Dual Fuel Engine 2 X 2500 Hp*. https://repository.its.ac.id/91533/1/04211740000049-Undergraduate_Thesis.pdf
- Fadhli, A. (2013). *Perancangan Sistem Permesinan dan Sistem Penggerak pada Auger Cutter Suction Dredger (ACSD) sebagai Metode Pengerukan di Waduk*.
- Hermawan, A. 2014. (2014). *Perancangan sistem permesinan dan sistem penggerak pada Auger Cutter Suction Dredger (ACSD) sebagai metode pengerukan di waduk*.
- Hijau, R., Teknologi, J., Lingkungan Volume, R., Nomor, |, Hijau -62, R., Perbandingan Biaya, A., Pengerukan, P., Pelabuhan, A., Bakau, B., Banten, J., Firdaus, A., Rizkiansyah, M., & Nirwana, Y. (2020). Analisis Perbandingan Biaya pada Pekerjaan Pengerukan di Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten. *Eprints.Itenas.Ac.Id*. <https://doi.org/10.26760/jrh.v4i2.62-70>
- Khatib, A.Y. Adriati dan A. E. Wahyudi. 2013. (n.d.). Retrieved March 16, 2025, from Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis. *Konfrensi Nasional Teknik Sipil*, 31-37
- Muliadi, D., Ridho, R., Mekanik, C. M.-, & 2018. (n.d.). Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Sambungan Las Smaw Baja Sa 516 Gr. 70. *Neliti.ComD Muliadi, R Ridho, CP MarpaungMekanik, 2018•neliti.Com*.
- NUGROHO, K. (n.d.). TESIS-BM185407. *Repository.Its.Ac.Id*.
- Nurrohman, F. (2021). *Analisis Perbandingan Performa Pompa Keruk Yang Dioperasikan Pada Kapal Cutter Suction Dredger Berdasarkan Posisi Operasional Pompa Menggunakan*.
- Prasetyo, A., ITS, A. S.-J. T., & 2014, U. (2014). Perancangan Sistem Permesinan dan Sistem Penggerak pada Auger Cutter Suction Dredger (ACSD) sebagai Metode Pengerukan di Waduk. *Ejurnal.Its.Ac.IdA Prasetyo, A SantosoJurnal Teknik ITS, 2014•ejurnal.Its.Ac.Id*.
- Prasetyo Hermawan, A., Agoes Santoso, I., & Ir Tony Bambang Musriyadi, Mp. (2014). *DESIGN OF MACHINERY SYSTEM AND PROPULSION SYSTEM ON AUGER CUTTER SUCTION DREDGER (ACSD) AS A DREDGING METHODE IN THE RESERVOIR*.
- Rizkiansyah, M. (2020). *TA: ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KAPAL KERUK PADA PEKERJAAN Pengerukan di Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten*.
- Vokasi Teknik, J., Hutagalung, M., & Wira Wahyu Aritonang, J. (n.d.). BESARNYA HEAD LOSSES PADA ALIRAN PERPIPAAN DARI BOILER FEED WATER PUMP MENUJU BOILER DI PT. Z. *Mentech.Id, 2023*. <https://doi.org/10.12345/xxxxx>

Yuwono, E., Terpadu, M. S., & 2014. (n.d.). *Kajian Pengerukan Waduk Sengguruh Kepanjen Kabupaten Malang*. 2(1).