

Perancangan *Line boring Machine* Untuk *Maintenance* di *Narogong Plant*

Rafi Putra Ryandhika¹, Muslimin^{2*}, El Darud Budiwaluyo³, Muhamad Maulana³

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Konsenterasi Rekayasa Industri Semen, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Dept. Maintenance Workshop PT. Solusi Bangun Indonesia, Jl. Raya Klapanunggal No.7, Kembang Kuning, Kec. Klapanunggal, Bogor, 16710

*Corresponding author E-mail address: muslimin@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Selama ini, perbaikan komponen seperti rumah bantalan dan lubang pin hidrolis di Pabrik Narogong masih mengandalkan penyewaan alat dan tenaga dari vendor eksternal, dengan biaya yang mahal dalam setahun. Situasi ini mendorong kebutuhan akan solusi mandiri berupa desain Mesin Bor Garis internal untuk mengurangi biaya dan mempercepat proses perbaikan. Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan membangun *Line boring Machine* sebagai alat bantu *Maintenance* di *Narogong Plant*, khususnya untuk memperbaiki kepresisian lubang pada komponen mesin yang mengalami keausan atau kerusakan. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, studi literatur, diskusi teknis, perencanaan, perancangan mekanik, pemilihan material, perhitungan torsi, beban, kecepatan potong, kecepatan pemakanan, serta proses fabrikasi dan perakitan komponen. Hasil perancangan menghasilkan *Line boring Machine* dengan motor penggerak 2,2kW, putaran 140rpm, Boring bar berdiameter 50mm dan panjang 1200mm, serta kapasitas pengerjaan lubang berdiameter maksimal 190mm dengan cutting tools berbahan HSS. Dari sisi ekonomi, penggunaan mesin hasil rancangan ini mampu menghemat biaya perawatan hingga Rp 322.299.000,00 per tahun dibandingkan biaya sewa alat dan jasa vendor, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pihak ketiga.

Kata-kata kunci: Line boring Machine, Maintenance, Boring bar, HSS, ekonomi

Abstract

To date, component repairs like bearing housings and hydraulic pin holes at the Narogong Plant have depended on external vendor rentals and labor, incurring high annual expenses. This driven the need for an in-house Line Boring Machine to reduce costs and accelerate repairs. This final project aims to design and fabricate a Line Boring Machine as a maintenance tool to restore hole precision in worn or damaged machine components. The methodology encompasses field observations, literature reviews, technical discussions, mechanical design, material selection, fabrication, assembly, and calculations for torque, load, cutting speed, and feed rate. The resulting machine features a 2.2kW drive motor operating at 140rpm, a 50mm diameter boring bar with a 1200mm length, and a maximum hole machining capacity of 190mm using HSS cutting tools. Economically, implementing this custom-built machine reduces reliance on third parties and cuts maintenance costs by up to Rp 322,299,000.00 annually compared to external rental and vendor service fees.

Keywords: Line boring Machine, Maintenance, Boring bar, HSS, economy

1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengeboran adalah salah satu proses. Manufaktur untuk membuat lubang yang lebih besar pada logam yang telah dicatat/dimarkasi (dibor). Proses pengeboran dapat digunakan untuk membuat dua lubang atau lebih pada sebuah objek kerja disatukan menjadi satu garis sumbu aksial. Titik temu (baik dalam garis atau persilangan) dengan akurasi yang tinggi [1].

Pengeboran yang dilakukan dengan tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang diinginkan. Pastikan semua prosedur diikuti dengan cermat untuk menghindari kesalahan. Perhatikan juga alat dan bahan yang digunakan agar sesuai standar. Dengan demikian, hal tersebut dikenal sebagai *Line boring* [2].

Berdasarkan data SAP pada 2024 terlihat pada Gambar 1 bahwa untuk repairing *housing bearing* terdapat biaya untuk menyewa alat dari vendor dengan harga yang mahal.

BB	S...	Item	A	I	Material	Short Text	PO Quantity	OUh	C	Deliv. Date	Net Price	Cum...	Per	GPU	Hoti Group	Plant	Stor. Locat
		1	F	D		Rak. Housing BearingLubang Pin Arm RM1	1	1308	D	19.02.2024	145.698.000 IDR		1	308	MABIT MECH E.	Narogong SC Plant	

Gambar 1 Net Harga Sewa Alat Dan Jasa *Line boring*

Narogong Plant adalah unit produksi yang memerlukan efisiensi dalam operasional serta keandalan mesin yang sangat tinggi. Namun, selama proses perawatannya, seringkali terjadi keausan pada komponen penting seperti *housing bearing* dan lubang pin dalam sistem hidrolik. Dalam satu tahun terakhir, perbaikan pada komponen-komponen tersebut tercatat terjadi sebanyak dua hingga tiga kali. Hingga saat ini, proses perbaikan masih tergantung pada pihak ketiga, yang melibatkan penyewaan alat dan jasa dari vendor. Hal ini berdampak pada tingginya biaya pemeliharaan serta meningkatkan potensi waktu henti produksi yang lebih lama. Maka untuk menyelesaikan masalah ini perlu dilakukan perancangan dan pembangunan mesin *line boring* untuk *maintenance* di Narogong Plant.

Tabel 1 Perbandingan Harga Sewa Dengan Rancang Bangun Mesin *Line boring*

PERBANDINGAN HARGA SEWA DENGAN RANCANG BANGUN		
TAHUN	BIAYA SEWA	BIAYA PEMBUATAN
2024	Rp 145,698,000.00	Rp 14,399,000.00
2026	Rp 37,000,000.00	
2026	Rp 69,000,000.00	
2026	Rp 85,000,000.00	
Total	Rp 336,698,000.00	Rp 14,399,000.00
Saving	Rp 322,299,000.00	

Tabel 1 merupakan hasil perbandingan harga yang dikeluarkan setiap tahun untuk penyewaan alat dan jasa dari vendor dibandingkan pengeluaran untuk membuat mesin *line boring*. Dapat dilihat pada Tabel 1 dengan membuat mesin *line boring* dapat menghemat pengeluaran setiap tahun sebesar Rp 322,299,000.00. Penelitian sebelumnya tentang bor alur biasanya berkonsentrasi pada aspek proses pemesinan atau perubahan mesin manual menjadi semi-otomatis [1][2] tetapi tidak banyak penelitian yang membahas desain mesin bor alur portabel yang mempertimbangkan efisiensi biaya dibandingkan dengan skema sewa vendor. Studi ini menciptakan mesin yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan perawatan di Pabrik Narogong. Pilihan konfigurasi motor listrik sebagai penggerak, boring bar diameter 50 mm, dan material HSS untuk pahat didasarkan pada ketersediaan komponen di pasar lokal, kemudahan pembuatan, dan kesesuaian dengan rentang diameter lubang kerja (100–190 mm) yang biasa digunakan pada komponen di Pabrik Narogong, yang dibahas lebih lanjut pada 3.1 Analisis *Line boring Machine*

1.2 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diidentifikasi selama proses penelitian, studi ini secara umum bertujuan untuk merancang serta membangun sistem mekanis pada Mesin Line-boring. Secara lebih spesifik, penelitian ini ditujukan untuk menentukan dimensi optimal setiap komponen pada mesin line-boring untuk memastikan kekakuan struktur saat mesin beroperasi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memilih dan menyeleksi komponen mekanis yang paling tepat dan efisien agar mesin yang dibangun memenuhi standar performa dan keamanan yang diinginkan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Diagram alir menggambarkan proses perancangan dan pembuatan mesin Line Boring. Proses dimulai dengan tahap observasi dan identifikasi masalah, diikuti dengan studi literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan. Setelah itu, langkah perencanaan dan perancangan mesin Line Boring dilakukan. Pada tahap ini terdapat poin keputusan: jika rancangan disetujui, proses akan berlanjut ke titik 'A'; jika tidak, perancang harus kembali ke tahap perencanaan untuk melakukan perbaikan. Selanjutnya, dari titik 'A', proses masuk ke tahap fabrikasi dan perakitan, yang meliputi komponen utama seperti bagian centering, bagian penggerak (movement part), dan alat potong (cutting tools). Setelah perakitan selesai, dilakukan pengujian alat. Jika hasil pengujian sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, proses dapat berlanjut ke tahap kesimpulan dan saran. Namun, jika hasil pengujian tidak sesuai, perakitan harus kembali ke tahap fabrikasi dan perakitan untuk melakukan perbaikan. Proses akhirnya selesai setelah tahap kesimpulan dan saran terpenuhi.

2.2 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *design and development research*, yaitu merancang, membangun, dan menguji prototipe mesin *line boring* berdasarkan data lapangan dan perhitungan teknik, kemudian mengevaluasi kesesuaiannya terhadap kriteria performa dan keamanan yang ditetapkan.

2.3 Alat dan Bahan

Perancangan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk pemodelan 3D dan perhitungan manual untuk torsi, kecepatan potong, dan defleksi. Bahan utama meliputi S45C (boring bar), HSS (pahat), Nylon (centering cone), dan Mild Steel (support shaft). Alat fabrikasi yang digunakan meliputi mesin bubut, mesin bor, dan alat las.

2.4 Variabel penelitian

Metodologi perancangan dan analisis penelitian ini dibatasi dan diarahkan ke tiga kelompok variabel utama. Dimensi boring bar, jenis material centering, jenis pahat yang digunakan, dan kecepatan putar motor adalah variabel bebas yang dimanipulasi untuk mengukur pengaruhnya terhadap variabel terikat, yang termasuk besaran torsi, kecepatan potong, defleksi komponen, tegangan von Mises, dan faktor keamanan struktur mesin. Meskipun demikian, variabel kontrol memastikan bahwa konfigurasi sistem tetap, dengan daya motor sebesar 2,2 kW, rasio komponen gearbox 1:10, dan batas rentang diameter kerja lubang antara 100 hingga 190 mm.

2.5 Perhitungan Torsi

Torsi merupakan gaya yang bekerja pada gerak translasi, yang menunjukkan kemampuan suatu gaya untuk menyebabkan benda bergerak rotasi atau berputar. Sebuah benda akan berotasi bila dikenai torsi. Satuan yang sering digunakan adalah Newtonmeter (Nm) [3], [4].

$$T = \frac{9.55 \times P}{n} \quad (1)$$

2.6 Perhitungan Kecepatan Potong dan Pemakanan

Kecepatan potong adalah ukuran seberapa cepat mata bor berputar saat melakukan proses pengeboran. Kecepatan pemotongan umumnya dinyatakan dalam satuan meter per menit (m/min), inci per detik (in/s), atau milimeter per menit (mm/min)[5], [6].

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}; M/Min \quad (2)$$

Kecepatan pemakanan, f (*feed*) merupakan jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan f adalah mm/putaran[7], [8].

$$V_f = f \times n; mm/min \quad (3)$$

2.7 Perhitungan Safety Factor

Faktor keamanan merupakan perbandingan antara kapasitas struktur dengan beban yang diberikan[9].

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm}} \quad (4)$$

2.8 Perhitungan Beban Statis dan Dinamis

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Oleh karena itu, dalam merancang struktur diperlukan untuk mengidentifikasi berbagai jenis beban yang bekerja pada sistem struktur tersebut. Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur timbul karena adanya gaya-gaya yang berasal dari alam dan juga hasil tindakan manusia[10].

$$m_{total} = m_x + m_y \quad (5)$$

Tegangan lentur adalah jenis gaya yang timbul pada suatu benda ketika benda tersebut mengalami lenturan akibat beban yang bekerja secara tegak lurus terhadap sumbu panjang benda tersebut. Tegangan ini merupakan gabungan dari tegangan tarik dan tekan[11].

$$\sigma_b = \frac{32 \times M}{\pi \times d^3} \quad (6)$$

2.9 Perhitungan Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk yang terjadi pada balok atau batang sepanjang arah sumbu y karena adanya beban vertikal yang diberikan. Deformasi pada balok dapat dijelaskan dengan mengacu pada besarnya defleksi balok dari posisi awal sebelum balok tersebut mengalami beban[12].

$$\delta = \frac{F_r \times L^3}{48 \times E \times I} \quad (7)$$

Sebelum memasuki tahap fabrikasi, desain dievaluasi untuk memenuhi kriteria kekuatan dan keamanan struktural. Nilai aktual dibandingkan dengan batas izin dan standar, termasuk defleksi izin dan faktor keamanan minimum.

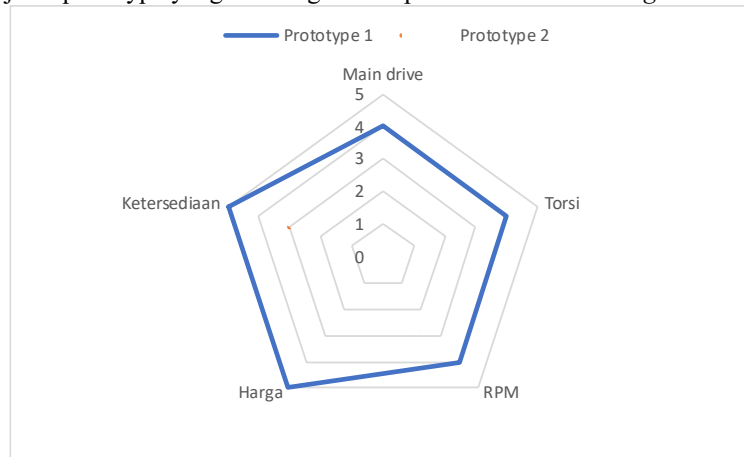
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis *Line boring Machine*

Analisis mesin *line boring* bertujuan mengetahui parameter yang diperlukan untuk membangun mesin *line boring*, berikut analisis yang diperlukan pada mesin *line boring*:

1. Analisis Jenis Penggerak

Pada analisis jenis penggerak pada mesin *Line boring* adalah motor *drive* yang ingin digunakan, terdapat 2 jenis prototype yang akan digunakan pada mesin *Line boring* ini.



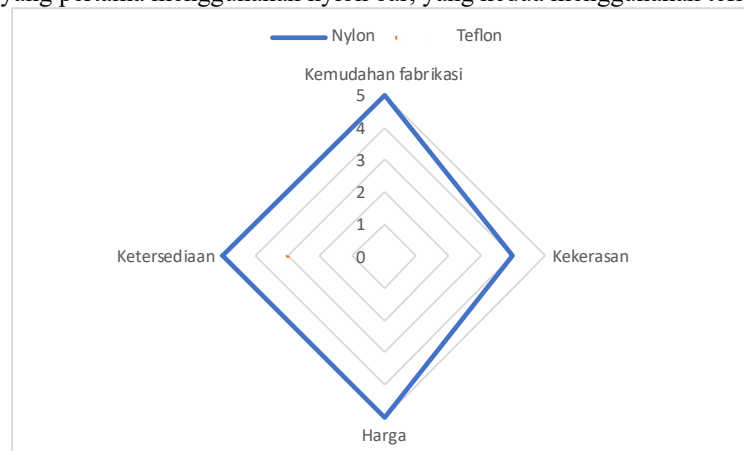
Gambar 2 Diagram radar jenis penggerak mesin

Gambar merupakan diagram radar untuk membandingkan dua jenis penggerak (prototype 1 dan prototype 2) berdasarkan lima kriteria penilaian, yaitu kemudahan fabrikasi, torsi, RPM, harga, dan bahan baku kerangka, lihat diagram radar pada Gambar. Dengan nilai di antara 0 dan 5 pada skala, nilai yang lebih tinggi di sisi luar diagram menunjukkan keunggulan yang lebih besar. Garis biru menunjukkan penilaian prototype 1, dan garis putus-putus oranye menunjukkan penilaian prototype 2.

Pembacaan diagram dilakukan dengan membandingkan posisi garis untuk masing-masing kriteria. Berdasarkan diagram, motor listrik memiliki nilai lebih tinggi dalam hal torsi, RPM, harga, dan ketersediaan. Kedua jenis penggerak memiliki nilai yang hampir sama dalam hal penggerak utama. Hal ini menunjukkan bahwa prototype 1 lebih unggul secara keseluruhan karena membentuk area penilaian yang lebih luas dibandingkan prototype 2. Oleh karena itu, karena prototype 1 memiliki keseimbangan yang lebih baik antara performa, biaya, dan ketersediaan bahan, prototype 1 dianggap lebih cocok untuk digunakan sebagai jenis penggerak.

2. Analisis Jenis Material Centering

Pada analisis jenis material *centering* merupakan komponen yang berfungsi agar *Boring bar* satu sumbu dengan part yang ingin diperbaiki, terdapat 2 jenis material yang akan digunakan sebagai *centering* yang pertama menggunakan nylon bar, yang kedua menggunakan teflon bar.

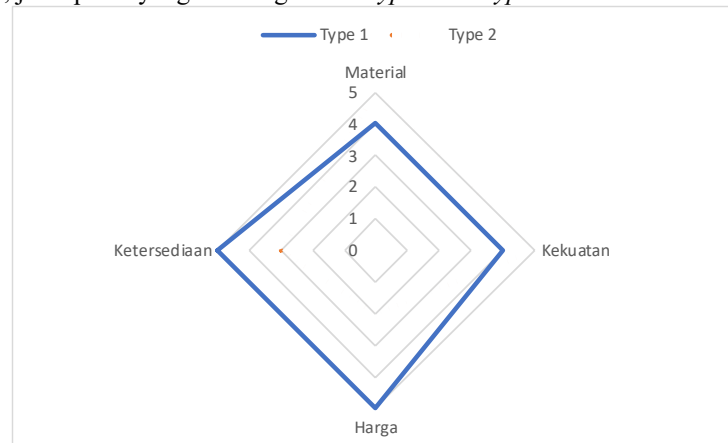


Gambar 3 Diagram Radar Jenis Material Centering

Nylon mengungguli Teflon dalam beberapa kriteria evaluasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar diagram radar bahan centering. Nylon mendapatkan nilai tinggi dalam hal kemudahan fabrikasi, kekerasan, harga, dan ketersediaan bahan baku. Ini menunjukkan bahwa, dalam hal kemudahan proses produksi dan efisiensi biaya, nylon adalah bahan yang lebih baik untuk digunakan sebagai pusat. Aspek ketahanan Teflon membuatnya lebih cocok untuk digunakan dalam kondisi kerja yang membutuhkan ketahanan yang lebih tinggi terhadap gesekan atau beban kerja. Namun, dengan mempertimbangkan semua persyaratan, nylon dapat dianggap sebagai bahan yang lebih baik untuk pembuatan centering karena memiliki nilai teknis dan ekonomis yang lebih baik.

3. Analisis Jenis Pahat

Pada analisis jenis pahat mesin *Line boring* yang berfungsi sebagai alat potong ketika proses perbaikan, jenis pahat yang akan digunakan *type 1* dan *type 2*



Gambar 4 Diagram Radar Jenis Pahat

Gambar merupakan diagram radar *type* pahat, *type 1* adalah material pahat yang paling cocok karena memiliki nilai yang lebih tinggi dalam hal kemudahan fabrikasi, harga, dan ketersediaan. Jenis 1 juga lebih mudah dibentuk, diasah, dan digunakan selama proses pengerjaan.

Meskipun *type 2* lebih baik dalam hal kekuatan dan ketahanan, *type 2* kurang cocok jika dilihat dari biaya dan kemudahan proses pengerjaan. Sementara itu, *type 1* masih cukup baik untuk pekerjaan pemotongan ringan hingga sedang.

Jenis pahat satu adalah pilihan yang lebih baik jika dilihat dari kebutuhan alat, biaya produksi, kemudahan perawatan, dan ketersediaan material. Namun, jenis pahat ini tidak mengabaikan fungsi utama pahat dalam proses pemesinan.

3.2 Analisis Perhitungan

Pada perancangan dan pembangunan mesin *Line Boring* diawali dengan menentukan torsi pada *boring bar* untuk mengetahui besarnya momen putar yang terjadi selama proses pemesinan, di mana nilai torsi (T) didapatkan sebesar:

$$T = \frac{9.55 \times 2200}{140} = 150 Nm$$

Setelah nilai torsi diketahui, langkah berikutnya adalah menentukan kecepatan potong (*cutting speed*) guna memastikan bahwa parameter putaran mesin sudah sesuai dengan diameter material yang dikerjakan, dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$V_c = \frac{\pi \times 125 \times 140}{1000} = 55 \text{ M/min}$$

Berdasarkan pada kecepatan potong dan putaran tersebut, dapat menentukan kecepatan pemakanan (*feed rate*) yang merepresentasikan seberapa cepat alat potong bergeser menyayat material dalam satu menit, yaitu sebesar:

$$V_f = 0.1 \times 140 = 14 \text{ mm/min}$$

Kombinasi dari gaya pemakanan dan dimensi poros ini berpotensi menimbulkan lenturan, sehingga kita perlu menentukan defleksi pada *boring bar* untuk melihat seberapa besar pergeseran aktual yang terjadi akibat beban dinamis tersebut:

$$\delta = \frac{900 \times 1.2^3}{48 \times (210 \times 10^9) \times (3.068 \times 10^{-7})} \approx 0.0005 \text{ mm}$$

Memastikan bahwa lenturan aktual tersebut masih dalam batas aman, nilai di atas kemudian dibandingkan dengan defleksi izin pada *boring bar* yang merupakan batas maksimal kelenturan yang diperbolehkan secara struktural:

$$\delta_{izin} = \frac{1200}{360} = 3.33 \text{ mm}$$

Selain masalah defleksi, beban-beban mekanis yang bekerja juga menimbulkan stres internal pada material, sehingga dilakukan perhitungan untuk menentukan tegangan bending dan geser guna mengidentifikasi konsentrasi tegangan tarik/tekan (σ_b) maupun tegangan puntir (σ_g) yang terjadi:

$$\sigma_b = \frac{32 \times 270}{\pi \times (0.05)^3} \approx 2.20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_g = \frac{16 \times 150}{\pi \times (0.05)^3} \approx 6.11 \text{ MPa}$$

Kedua jenis tegangan yang bekerja secara bersamaan tersebut kemudian dikombinasikan dengan menentukan tegangan Von Mises, yang berfungsi sebagai indikator tegangan ekuivalen total untuk mendeteksi risiko kegagalan atau luluh (*yielding*) pada material poros:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(2.20)^2 + 3 \times (6.11)^2} \approx 11 \text{ MPa}$$

Sebagai tahapan akhir, nilai tegangan Von Mises ini dibandingkan dengan kekuatan luluh material melalui perhitungan menentukan *Safety Factor* (faktor keamanan), yang membuktikan bahwa dengan nilai jauh di atas batas minimal, desain *boring bar* ini dinyatakan sangat aman untuk dioperasikan:

$$SF = \frac{410}{11} \approx 37.2$$

Nilai *safety factor* sebesar 37,2 ini jauh melampaui batas aman minimum $SF \geq 2-3$ yang umum disyaratkan pada perancangan poros berputar[9], menunjukkan bahwa desain boring bar memiliki margin keamanan yang sangat besar, yang dapat dioptimalkan pada pengembangan berikutnya untuk efisiensi material.

3.3 Analisis Manfaat Biaya Dan Efisiensi Maintenance

Biaya pembuatan mesin sebesar Rp 14.399.000,00, dibandingkan dengan biaya sewa alat dan jasa vendor sebesar Rp 336.698.000,00 setiap tahun yang tercantum pada Tabel 1, menghasilkan penghematan sebesar Rp 322.299.000,00, atau efisiensi biaya lebih dari 95%. Dengan memiliki mesin sendiri, perbaikan dapat dilakukan kapan saja tanpa menunggu jadwal vendor, yang dapat mengurangi waktu henti produksi yang selama ini menjadi hambatan.

4. KESIMPULAN

Dimensi mesin line boring yang telah dirancang sesuai dengan desain awal adalah panjang boring bar 1200 mm, tinggi konstruksi 500 mm, dan lebar mesin 200 mm. Untuk proses pembuatannya, jenis material yang digunakan untuk komponen mesin ini antara lain HSS (*High Speed Steel*) untuk pahat, S45C untuk *boring bar*, Nylon untuk *cone*, dan *Mild Steel* untuk bagian *support shaft*. Mesin *line boring* ini telah berhasil dirancang dan dibangun menggunakan komponen mekanik serta sistem penggerak utama yang spesifikasinya ditentukan melalui seleksi material yang teliti. Spesifikasi teknis mesin ini mencakup daya motor 2,2 Kw, *gearbox reducer* dengan rasio 1:10, *input rpm* 1400 rpm, dan *output rpm* 140 rpm. Selain itu, mesin ini juga dilengkapi dengan ulir tipe TR32 x 6, *flange bearing* tipe UCF 210, serta mampu menangani diameter benda kerja antara 100-190 mm. Dalam hal cara kerjanya, sistem mekanikal pada mesin ini dapat bergerak maju dan mundur ketika sdiberputar searah jarum jam atau sebaliknya. Dari segi ekonomi, pembuatan mesin line boring untuk kebutuhan pemeliharaan ini terbukti sangat efisien karena dapat menghemat pengeluaran tahunan sebesar Rp 322,299,000. 00. Berdasarkan analisis torsi, defleksi, tegangan, dan faktor keselamatan yang semuanya berada jauh di atas ambang batas aman, mesin Line Boring ini dinyatakan sesuai dan aman untuk dipakai sebagai alat pendukung pemeliharaan. Dalam hal penerapan, mesin ini terbukti dapat menggantikan layanan sewa dari vendor dengan biaya yang jauh lebih hemat, sehingga direkomendasikan untuk digunakan secara berkala dalam kegiatan perawatan di Narogong Plant.

5. REFERENSI

- [1] Z. M. Hasibuan, A. Nuramal, and H. Hestiawan, “Proses Pengeboran Lubang Bucket Excavator Menggunakan Mesin Line Boring Di Pd. Xyz,” *Rekayasa Mekanika*, vol. 5, no. 1, pp. 27–30, 2022, doi: 10.33369/rekayasamekanika.v5i1.20152.
- [2] H. Rais and N. Habibi, “Redesain Mesin Line Boring Manual Menjadi Semi-Mekanikal Otomatis Dengan Metode Reverse Engineering,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 10, pp. 54–61, 2021.
- [3] S. Nasional, T. Elektro, R. J. Wijaya, D. R. Sawitri, T. Elektro, and U. Dianuswantoro, “SNTE-FORTEI Hubungan Kecepatan Putar (Rpm) Dan Torsi Pada Motor Induksi : Pengujian Berbeban,” pp. 109–120.
- [4] SURianto BUYUNG, “Analisis Perbandingan Daya Dan Torsi Pada Alat Pemotong Rumput Elektrik (Apre),” *Jurnal Voering*, vol. 3, no. 1, p. 2, 2018.
- [5] H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Ariyanto, and A. Gaio, “Analisa Pengaruh Kecepatan Potong Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Menggunakan Pahat Karbida,” *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 19, no. 01, pp. 6–11, 2024, doi: 10.47398/iltek.v19i01.151.
- [6] I. H. Wibowo, “Pengaruh Gerak Makan Dan Kecepatan Putaran Terhadap Aus Pahat HSS Pada Pengeboran Baja ASTM A1011 Menggunakan Pelumas Minyak Goreng,” vol. 2, no. April, pp. 31–38, 2014.
- [7] T. Santoso *et al.*, “Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Material ASSAB 709 / SCM 440 pada Proses Bubut kerja atau pembuatan produk yang dilakukan dengan penyayatan material benda kerja dimana pahat di gerakkan terha,” vol. 13, no. 02, pp. 615–623, 2024.
- [8] R. Maruhum Tua Lubis, “Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Ketelitian Dimensi Pada Proses Boring Menggunakan Mesin CNC Milling,” *Jurnal Zona Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 1–13, 2020.
- [9] Yuwantoro, “Analisa Kekuatan Penerapan Sandwich Plate System (SPS) Pada Tank Deck Kapal Landing Ship Tank (LST) 7000 DWT,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 420–429, 2019.
- [10] A. R. J. NABAL, “Perancangan Struktur Gedung Apartemen Di Jalan Seturan Raya-Yogyakarta,” pp. 5–41, 2016.
- [11] M. Syahrial Hasibuan. ST., MT Dr. Adam Badra Cahaya Sjahril Botutihe., ST., *MEKANIKA BAHAN*, vol. 2. 2024.
- [12] M. B. Palungan, D. Dayera, and A. Kadir, “CONCENTRATED LOAD BEAM DEFLECTION TEST WITH SIMPLE PEDESTAL Informasi Artikel ABSTRAK,” *Jurnal Ilmiah Rotor*, vol. 1, no. 1, pp. 20–34, 2023.