



Reverse Engineeirng Karakteristik Geometri dan Analisis Fungsi Konfigurasi Golok Koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama

Haryadi¹, Ageng Buana Wisnu², Hendra³

^{1, 2, 3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

¹haryadi@untirta.ac.id ²abuanawisnu@gmail.com, ³hendratmuntirta2020@gmail.com

Abstract

The research refers to the civilization of manufacturing technology during the Banten Sultanate which carried out metal trade with foreign countries. One of them exported a copper ore to Keling Country and imported scrap iron from Europe. By obtaining the results of the research, it is hoped that it can reveal what manufacturing technology was used, what materials were used in making machete samples and get the usefulness of the research results that can be used. The purpose of this research is to identify the manufacturing process used when making the machete and determine the effect of the configuration on the function of the machete and the strength of the material, determine the effect of the comparison between the modern machete and the museum collection machete and identify the nature of research on the museum collection machete. The method used is a reverse assessment method of a sample of the museum collection's golok. The results obtained are the function of the machete which tends to be in a combination function (attack and control) with a CoG percentage of 35.45 - 41.42% of the overall length of the machete and the manufacturing process used on one of the machetes in the form of casting (cast) with reference to the results of metallographic testing getting nodular cast iron results, with the results of simulations using solidworks giving loading in the lateral and axial directions experiencing stress of $2.936 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and $1.541 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and a lateral safety factor of 1.2 and axial 2.3.

Keywords: center of grafity, golok, manufacturing process, reverse engineering

Abstrak

Penelitian mengacu kepada peradaban teknologi manufaktur pada masa Kesultanan Banten yang melaksanakan perdagangan logam dengan Negeri luar. Salah satunya mengekspor sebuah bijih tembaga ke Negeri Keling dan mengimpor besi tua dari Eropa. Dengan didapatinya hasil penelitian, diharapkan dapat mengungkap teknologi manufaktur apa yang digunakan, material apa yang digunakan dalam pembuatan sampel golok dan mendapatkan kebermanfaatn hasil penelitian yang dapat dipergunakan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi proses manufaktur yang digunakan saat pembuatan golok dan mengetahui pengaruh konfigurasi terhadap fungsi golok dan kekuatan material, mengetahui pengaruh perbandingan antara golok moderen dan golok koleksi museum dan mengidentifikasi hakikat penelitian atas golok koleksi museum. Metode yang digunakan merupakan metode pengkajian balik dari sampel golok koleksi museum. Hasil yang didapatn yaitu fungsi golok yang cenderung dalam fungsi kombinasi (penyerangan dan kontrol) dengan persentase *center of gravity* sebesar 35.45 – 41.42% dari keseluruhan panjang golok dan proses manufaktur yang digunakan pada salah satu golok berupa pengecoran (*cast*) dengan acuan dari hasil pengujian metalografi mendapatkan hasil besi cor nodular, dengan hasil dari simulasi menggunakan *solidworks* pemberian pembebanan ke arah lateral dan aksial mengalami *stress* sebesar $2.936 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan $1.541 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan *safety factor* arah lateral sebesar 1.2 dan aksial 2.3.

Kata kunci: *center of grafity*, golok, proses manufaktur, *reverse engineering*

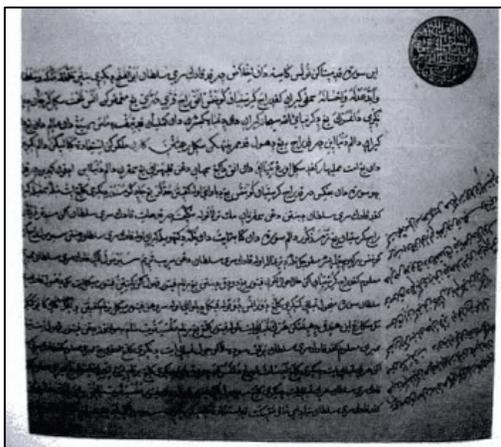
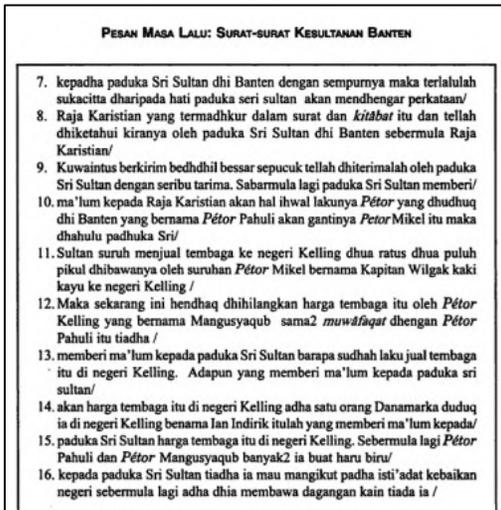
1. Pendahuluan

Golok merupakan sebuah alat atau perkakas yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Golok atau yang biasa disebut dengan bedog, dalam Bahasa Sunda adalah alat perkakas yang digunakan saat perang yang mana saat ini berubah fungsi menjadi perkakas bantu untuk kehidupan sehari-hari

bagi masyarakat tradisional maupun moderen sesuai dengan fungsi dan jenis golok itu sendiri. Golok Banten masa kesultanan, golok menjadi salah satu senjata yang sangat umum untuk digunakan pada masa itu dikarenakan pada zaman tersebut masih dalam periode mempertahankan atau melakukan penyerangan dalam peperangan. Dalam buku yang ditulis oleh Pudjiastuti [1] menjelaskan prihal surat

perdagangan yang dilakukan oleh Negara Banten; “Seorang Kapten Denmark yang Bernama Ian Hendrik menginformasikan kepada Sultan bahwa terdapat dua orang Denmark yang dengan sengaja berlaku tidak jujur ketika berdagang di negeri Keling. Lalu dalam surat tersebut, Sultan menegakkan hukuman bagi kedua orang Denmark tersebut agar menjual tembaga ke negeri Keling sebanyak 220 pikul. Hal ini memungkinkan berkembangnya teknologi dalam pembuatan perkakas contohnya pada pembuatan golok dengan menggabungkan beberapa unsur logam agar mendapatkan karakteristik material yang dibutuhkan pada zaman tersebut.

teknik *casting* ini kian meredup ketika dimulainya impor besi tua yang memudahkan dalam proses manufakturnya. Lalu, disebutkan juga dalam buku Guillot, Nurhakim, & Wibisono, “pada masa Kesultanan Banten atau negara lainnya yang ada di Nusantara membeli besi tua dari eropa dengan jumlah yang banyak dari kapal-kapal Eropa. Dari keterangan ini boleh jadi manufaktur peleburan (*casting*) besi pernah terjadi pada masa Banten Girang dan setelahnya manufaktur logam beralih pada proses penempaan berdasarkan atas pertimbangan bentuk produk dan ukuran, jumlah yang diproduksi dan pertimbangan ekonomis.



Gambar 1. Surat Dari Sultan Untuk Raja Denmark
 (Sumber: Pudjiastuti, 2007)

Pada buku yang berjudul Banten Sebelum Zaman Islam: Kajian Arkeologi Di Banten Girang 932 – 1562. Disebutkan bahwa pada masa tersebut dijelaskan terdapat temuan terhadap beberapa bungkah bijih besi yang disebuah batu yang menjadi dasar dalam dudukan tungku atau dapur pengecoran besi [2]. Hal ini menjadikan sebuah temuan pada zaman tersebut *casting* atau pengecoran sudah menjadi salah satu proses manufaktur yang digunakan. Dijelaskan juga bahwa keunggulan dari

Jika mengacu pada masa Kesultanan Banten, perang sangat masih rawan terjadi peperangan apabila terdapat gesekan antara kedua belah pihak, lalu pada abad ke 18 golok menjadi salah satu senjata utama bagi para prajurit Kesultanan Banten dan juga sebagai senjata Raja, yaitu diantaranya golok, peso, keris, dan pamuk apabila mengacu dari kitab sanghyang siskakandang [3]. Dengan demikian, fokus penelitian ini mengacu dengan urgensitas dukungan pelestarian golok masa Kesultanan Banten dengan mengharapkan penelitian ini dapat menjadi sebuah acuan atau edukasi pada masyarakat umum yang sedang mencari literatur perihal karakteristik geometri dan fungsi konfigurasi golok tradisional yang menggunakan golok koleksi Musesum Situs Kepurbakalaan Banten Lama. Penelitian ini dilakukan karena masih belum ada penelitian yang mengangkat kasus karakteristik geometri, fungsi konfigurasi, pengkajian proses manufaktur, dan hasil simulasi yang menjelaskan perihal kekuatan material untuk dijadikan topik penelitian. Maka dari itu, penelitian ini menjadi wadah dan hal yang baik dalam bidang penelitian maupun referensi terkait penggunaan golok yang digunakan secara bijak.

Setelah dilakukannya sebuah penyimpulan ide dari latar belakang atau urgensi yang diperoleh, maka terdapat tujuan yang ingin dicapai pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi proses manufaktur yang digunakan saat pembuatan golok.
2. Mengetahui pengaruh konfigurasi terhadap fungsi golok dan kekuatan material.
3. Mengetahui pengaruh perbandingan antara golok moderen dan golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama.
4. Mengidentifikasi hakikat penelitian atas golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama.

Reverse engineering merupakan sebuah kegiatan rekayasa terbalik yang digunakan guna kepentingan penelitian maupun mengetahui proses yang melatarbelakangi sebuah alat maupun komponen yang telah di buat. Dalam buku Eilam [4] yang membahas tentang *reverse engineering*, dijelaskan bahwa proses mengekstraksi pengetahuan yang telah di buat atau di

cetak kertas biru merupakan penjelasan dari *reverse engineering* itu sendiri [5]. *Reverse engineering* adalah penelitian yang dilakukan dengan cara merekayasa balik (artefak) antara alat atau benda yang telah di buat oleh manusia untuk mendapatkan pengetahuan yang hilang, ide maupun filosofi desain ketika terdapat ketidaklengkapannya informasi yang dibutuhkan, sedangkan penelitian ilmiah merupakan penelitian yang didapatkan dari fenomena alam yang dijadikan sebuah hal yang dapat dimanfaatkan. Tujuan dilakukannya *reverse engineering* ialah untuk menjadikan sebuah produk yang telah di buat untuk mendapatkan produk terbaru dengan kelemahan yang kecil dan kelebihan yang meningkat/unggul dari para kompetitornya, caranya yaitu menganalisis produk yang telah ada dan merancanganya kembali [6].

Karakteristik geometri merupakan identitas yang menjelaskan tentang suatu benda dengan memiliki ukuran, bentuk, dan permukaan yang mencirikan benda tersebut. Benda yang telah diciptakan dengan cara membuatnya merupakan benda yang memiliki ciri atau suatu identitas untuk dapat dilakukan identifikasi terhadap perbedaan dengan benda lainnya. Pada sebuah jurnal Paroka [7] dijelaskan bahwasanya karakteristik geometri yang dimiliki oleh kapal penyebrangan antar pulau yaitu memiliki lebar yang cukup besar untuk digunakan mengangkut kendaraan serta sarat yang kecil untuk dapat digunakan penyesuaian pada Pelabuhan.

Karakteristik geometri yang dimiliki oleh benda merupakan penjabaran lebih lanjut dari penggabungan antara *center of gravity* dan juga momen yang dimiliki oleh benda tersebut. Berikut merupakan perhitungan matematis yang digunakan untuk mendapatkan nilai torsi atau momen dalam suatu kerja benda, yang mana gaya berbanding lurus dengan jarak (panjang) benda:

$$\tau = F \times L \quad (1)$$

Keterangan :

τ : Torsi/Momen (N.m)

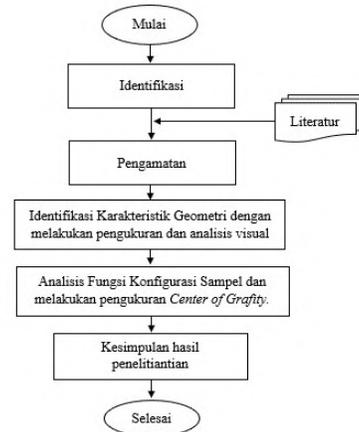
F : Gaya (N)

L : Panjang (m)

Momen merupakan nilai kemampuan yang dimiliki suatu benda untuk mempertahankan keadaan geraknya. Dengan demikian, jikalau meninjau *center of gravity* atau titik kesetimbangan benda berpengaruh atas momen itu sendiri apabila berikan sebuah gaya. Dengan melibatkan panjang atau jarak yang dimiliki dan juga sebuah titik kesetimbangan membuat benda yang diberikan gaya bergerak sesuai dengan momen yang dihasilkan. Hal ini membuat penggunaan benda tersebut mendapatkan hasil yang nyaman sesuai dengan kebutuhannya.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada topik ini merupakan penelitian terbalik dan melakukan kajian setra wawancara (survei) terkait hasil yang didapatkan. Adapun alur dalam pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengacu pada 3 aspek penelitian mendasar yaitu: ontologis, epistemologis dan aksiologis guna mendapatkan hakikat dari dilakukannya penelitian. Aspek empiris juga menjadi salah satu metode mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Hakikat itu sendiri diacu dari latar belakang permasalahan dan kebermanfaatan yang dihasilkan dari penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

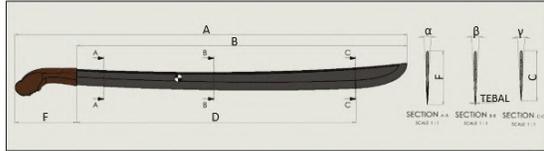
3.1. Karakteristik Geometri Sampel Golok

Karakteristik sampel terlihat pada Gambar 3. Golok yang diteliti memiliki variasi yang cukup beragam. Hasil menyatakan bahwa golok memiliki geometri panjang bilah yang cukup panjang dibandingkan dengan golok moderen (saat ini) dengan motif gagang yang memiliki ciri khasnya sendiri.



Gambar 3. Sampel Golok Penelitian

Adapun Tabel 1 yang berisi hasil pengukuran geometri golok yang mengacu pada Gambar 4 disajikan sebagai berikut:



Gambar 4. Acuan Pengukuran Geometri Sampel Golok

Tabel 1. Spesifikasi Karakteristik Geometri Golok

NO	A	B	C	D	E	F	α	β	γ	Massa Golok (Gr)
1	564	414	31.74	384	23.15	150	20	15	12	414.8
2	720	574	32.47	514	34.07	146	14	13	12	696.61
3	845	715	40.65	600	34.8	130	13	12	11	584.44

Pada sampel golok, cenderung memiliki bentuk dan dimensi yang cocok untuk digunakan dalam penyerangan atau peperangan. Selain dimensi bilah yang cukup panjang dan karakter bilah cenderung memiliki kontur sudut yang memberikan ergonomi tersendiri dalam penggunaan, ditambah dengan lebar bilah cenderung membesar pada ujung bilah, menyebabkan memiliki momen atau torsi cukup besar untuk digerakan dengan gaya. Karakteristik geometri lainnya terdapat pada gagang golok yang memberikan ergonomi dalam penggunaan dengan gagang memiliki karakter yang mengikat saat digenggam karena terdapat lekukan yang membuat rasa dalam penggunaan lebih optimal. Hal ini menjadikan kontur dan karakteristik geometri dalam golok memiliki satu kesatuan untuk mencapai kenyamanan dan fungsi golok itu sendiri.

3.2. Fungsi Konfigurasi Sampel Golok

Dalam mendapatkan nilai persentase center of gravity, diperlukan nilai pengukuran CoG Aktual yang di ukur manual dengan menggunakan alat ukur panjang (roll meter) dari pangkal gagang hingga titik kesetimbangan yang di tumpu menggunakan jari tangan sampai seimbang di titik setimbang, seperti Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran Manual CoG

Adapun perhitungan untuk mendapatkan persentase center of gravity keseluruhan sampel golok.

$$CG = \frac{CoG+PG}{PTG} \times 100\%$$

Keterangan :

- CG : Center Golok
- CoG : Center of gravity Aktual
- PG : Panjang Gagang Golok
- PTG : Panjang Total Golok

Tabel 2. Persentase CoG Sampel Golok

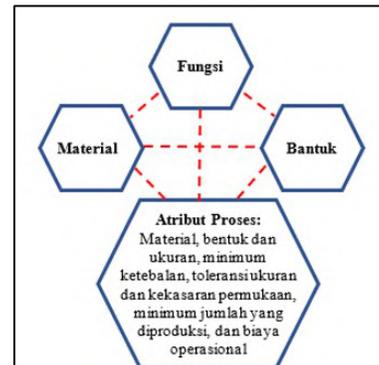
No	Fungsi Konfigurasi Golok	Massa Total (gr)	Panjang Total (mm)	% CoG
1	Kombinasi	414.8	564	39.18
2	Kombinasi Cenderung Tusuk	696.61	720	36.45
3	Kombinasi Cenderung Tebas	584.44	845	41.42

Torsi/momen memberikan keterangan bahwasannya gaya berbanding lurus dengan jarak yang dimiliki. Dengan memasukan pada persamaan CG memberikan fungsi golok dapat ditentukan memiliki karakter fungsi menyerang (tebas), kombinasi (menyerang dan bertahan), atau kontrol (bertahan).

Berdasarkan data pada Tabel 2, sebuah golok memiliki panjang total golok 845 mm, titik kesetimbangan dari pangkal gagang berjarak 350 mm, dan mendapatkan nilai persentase CG 41.42%. Maka memerlukan gaya yang besar untuk mendapatkan momen/torsi yang besar dikarenakan semakin panjang golok maka akan semakin besar momen yang diperlukan untuk menggunakan secara maksimal (*power*). Namun berbeda apabila nilai presentase CoG berada pada ujung bilah 65-80% CoG, maka akan lebih mudah mendapatkkan momen walaupun gaya yang dikeluarkan kecil seperti halnya palu. Dengan demikian, karakteristik yang ada pada golok tersebut memberikan dampak atau usaha yang berbeda untuk digunakan.

3.3. Analisis Proses Manufaktur

Proses manufaktur yang digunakan pada proses pembuatan sampel golok mengacu pada metode *reverse engineering* yang dapat memerikan hasil prihal kemajuan teknologi manufaktur pada zaman kesultanan Banten. Pada literatur yang diacu, didapati hasil perkembangan teknologi logam tersebut yaitu proses *casting* dan proses *forging* hal ini menjadi salah satu dasar dilakukannya analisis dan kajian proses manufaktur pada sampel golok. Analisis Analisis proses manufaktur yang dilakukan melalui tahapan; atribut proses, klasifikasi proses, pengkajian metalografi dan kajian terkait analisis kekuatan material.

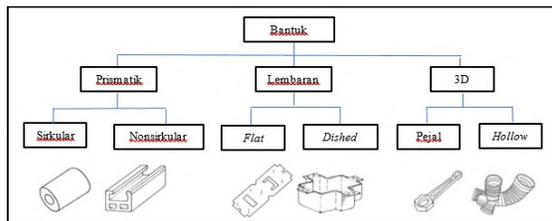


Gambar 6. Atribut Proses Manufaktur

(2)

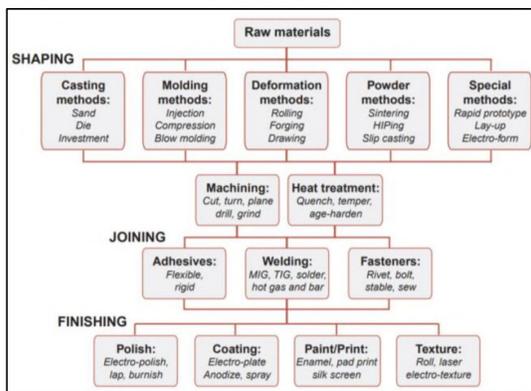
Analisis manufaktur mengacu pada buku (Ashby) yang menjelaskan atribut proses merupakan parameter yang telah didapatkan dari hasil pengukuran dan juga kajian melalui literatur fungsi, bentuk, dan material yang digunakan [8].

Pada hasil yang sudah didapatkan, dengan mengacu pada parameter dimensi, bentuk, dan beberapa kajian yang didapatkan mengenai fungsi pada yaitu sebagai alat peperangan dalam mempertahankan diri maupun wilayah dan juga digunakan sebagai alat penyerangan utama yang dimiliki oleh masing-masing kesatria, hal ini memiliki maksud yaitu tidak digunakan sebagai perkakas maupun kepentingan berladang. Maka dari itu, diperlukanlah sebuah material penunjang yang cukup kuat dan memiliki keuletan yang baik, guna dapat menghasilkan nilai dampak yang tinggi dan tidak getas. Dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan adalah berbahan dasar besi (Fe). Sampel bentuk yang diteliti termasuk pada klasifikasi prismatic-nonsirkular dan 3D Pejal seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Klasifikasi Bentuk Produk Manufaktur (Ashby)

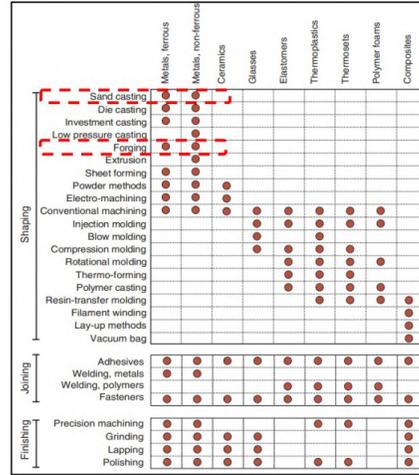
Setelah mendapatkan hasil dari analisis atribut proses. Maka, dilakukanlah kajian kembali melalui analisis klasifikasi proses, taksonomi klasifikasi, dan matriks bentuk sebagai berikut:



Gambar 8. Klasifikasi Proses (Ashby, 2011)

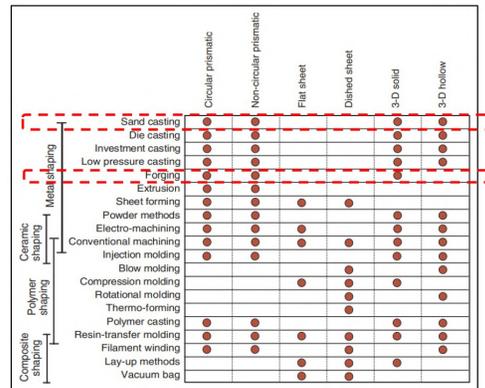
Mengacu pada hasil dari pemilihan atribut proses, yaitu material dengan kekerasan dan keuletan yang baik, bentuk dan ukuran, minimum ketebalan, toleransi ukuran dan kekerasan permukaan, minimum jumlah yang diproduksi, biaya operasional, pertimbangan matriks material dan bentuk. Gambar 9 merupakan matriks yang digunakan untuk mengklasifikasikan lebih khusus lagi pada acuan yang

didapat dalam atribut proses dan klasifikasi proses manufaktur yang dilakukan.



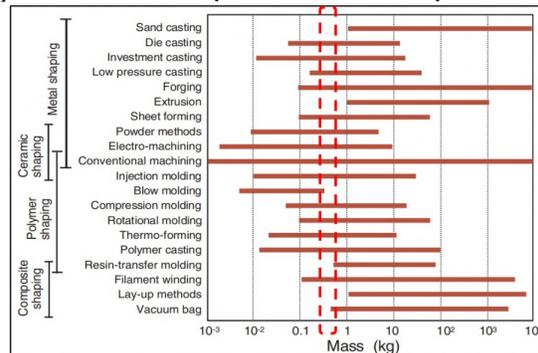
Gambar 9. Matriks Material (Ashby, 2011)

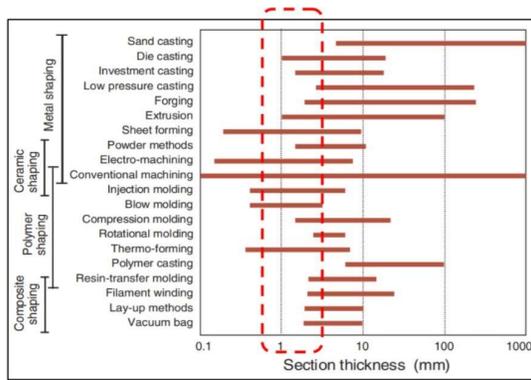
Dari hasil klasifikasi pada matriks diatas mengkategorikan proses *casting* dan *forging* menggunakan material *metals, ferrous*.



Gambar 10. Matriks Bentuk (Ashby, 2011)

Pengklasifikasian kedua dilakukan berdasarkan matriks yang ditampilkan pada Gambar 10, dapat disimpulkan juga hasil merujuk pada proses pengecoran (*casting*) dan penempaan (*forging*). Berikut dilakukan kembali kajian menggunakan parameter massa sampel dan ketebalan sampel.





Gambar 11. Diagram Massa dan Diagram Ketebalan (Ashby)

Massa yang didapatkan dari hasil penelitian pada beberapa sampel golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama yaitu sebesar 414.80-696.61 gr. Ketebalan bilah golok yang didapatkan dari hasil penelitian pada beberapa sampel golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama yaitu sebesar 0.68-4.07 mm. Dengan demikian, hasil dari matriks bentuk dan material, matriks massa dan diagram ketebalan lebih mengerucut pada proses manufaktur penempaan (*forging*) karena proses *sand casting* ketebalan material melebihi 6 mm dan ketebalan golok lebih mendekati pada proses penempaan (*forging*) [9].

3.4. Kajian Metalografi

Kajian pada metalografi merupakan kajian lanjutan yang digunakan untuk mendapati temuan guna merajuk pada proses manufaktur yang digunakan sampel golok. Metalografi biasanya didapatkan dengan cara mengamati kondisi batas butir dari bilah golok apakah mengalami sebuah kecenderungan perubahan bentuk (deformasi) dengan cenderung pipih, memanjang ataupun normal. Bila hasil dari proses pengujian metalografi menghasilkan batas butir yang cenderung pipih atau mengalami deformasi, maka dapat disimpulkan bahwa sampel mengalami perlakuan penempaan. Sebaliknya, apabila batas butir normal maka dapat dipastikan juga sampel menggunakan proses pengecoran [10].

Kembali lagi pada kajian pembentukan sampel golok menggunakan proses tempa ataupun cor. Berikut merupakan kajian dilakukan secara visual antara golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten dengan pola struktur permukaan yang dimiliki oleh golok tempa moderen Banten setra pola lapisan dari pembuatan katana yang terkenal dengan proses penempaan.



a.



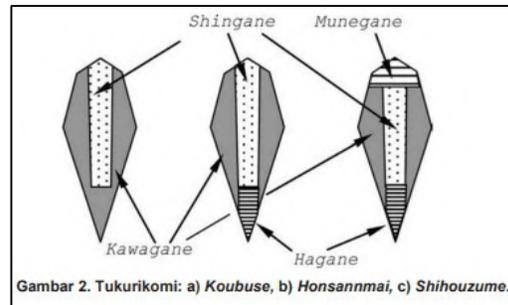
b.



c.

Gambar 12. Pola Sulangkar (a) golok Sampel Pertama, (b) Golok sampel Kedua, dan (c) Golok Moderen Banten

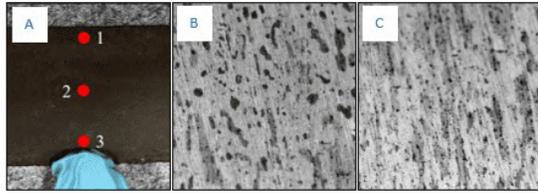
Pola sulangkar yang terlihat pada Gambar 12 merupakan golok yang menggunakan lebih dari satu isi bahan atau material inti. Dengan adanya gabungan material membuat permukaan golok sulangkar memiliki visual yang memberikan daya tarik. Proses sulangkar biasanya dilakukan dengan cara proses manufaktur penempaan (*forging*). Hal ini mengacu juga pada proses pembuatan katana yang memiliki bagian-bagian lapisan material bahan pembuatan katana.



Gambar 2. Tukurikomi: a) Koubuse, b) Honsannmai, c) Shihouzume. (Daimaruya & Kobayashi)

Pada gambar 13, mendeskripsikan sebuah susunan pola yang disebut dengan *tukurimori* yang memberikan fungsi untuk menghasilkan ketahanan terhadap getas, tekuk (bending), dan kemampuan yang baik dalam pemotongan dan hasil penelitiannya tentang karakter kejut (impak) pedang tradisional Jepang menyimpulkan bahwa pedang tradisional Jepang kemungkinan tidak mengalami getas meskipun dalam kondisi pertarungan.

Dilakuakn juga sebuah pengujian metalografi pada salah satu sampel golok, yaitu sampel golok ketiga. Pada hari Kamis, Tanggal 7 September 2023 di Laboratorium Material FT. UNTIRTA. Pengujian tersebut mendapatkan hasil struktur mikro yang mengarah pada hasil peleburan yaitu besi cor nodular Gambar 14, hal ini memberikan hasil yang bervariasi dari sampel golok museum ketika dilakukan pengujian.



Gambar 14. Hasil metalografi perbesaran 100x, (A) Titik pengujian, (B) Titik 2, dan (C) Titik 3

Grafit nodular merupakan besi cor yang memiliki struktur mikro yang berbentuk bulat, dengan dikelilingi matriks *ferit* atau *perlit*. Terindikasi memiliki matriks ferit dikarenakan memiliki lapisan *austenite* yang berbentuk *perlit* [11]. Dengan digunakannya besi cor nodular sebagai bahan diprosesnya pembuatan senjata golok Banten yang telah menjadi koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten, hal ini mengacu dari besi cor nodular yang memiliki keuletan yang cukup tinggi, dengan memiliki ketangguhan serta keras menjadikan besi cor nodular cocok digunakan dalam bahan pembuatan senjata golok Banten pada zaman tersebut. Terlebih memang pada zaman tersebut, perkembangan dan kemajuan teknologi manufaktur seperti pengecoran dan penempaan sedang banyak digeluti sebagai salah satu pemenuhan permintaan konsumen dalam mendapatkan alat pembantu dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menjadikan besi cor nodular dipilih karena memiliki kekuatan dan kemampuan yang paling mirip dengan baja.

Setelah didapatnya hasil pengamatan secara visual, analisis proses manufaktur dari konfigurasi dimensi yang didapatkan pada sampel golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten dan dilakukannya sebuah pengujian metalografi kepada salah satu dari tiga golok sampel pengujian, didapati sampel golok yang dilakukan pengujian merupakan golok hasil pengecoran dikarenakan mendapati hasil mikro struktur berbentuk bulat yang mencirikan pada besi cor nodular. Jikalau ditinjau dari aspek umum yang ada pada saat ini, secara konvensional golok diproses manufaktur menggunakan metode penempaan sebagai salah satu metode yang murah, simpel dan mendapatkan hasil yang diinginkan dengan baik. Terlebih lagi golok yang diproses pada saat ini menggunakan bahan yang telah ada seperti per daun kendaraan roda 4 (suspensi) yang telah diketahui memiliki ketangguhan dan keuletan yang baik. Kemudian, setelah dilakukan analisis metode proses manufaktur. Hasil cenderung mengarah pada proses penempaan (*forging*) dengan konfigurasi dimensi pengukuran yang mendasarinya dan hasil analisis visual terhadap golok sampel, 2 dari 3 golok cenderung memiliki pola sulangkar yang mencirikan pembuatan golok dengan cara penempaan. Namun, setelah dilakukannya pengujian metalografi pada salah satu golok sampel memberikan hasil yang berbeda dengan hasil yang menyatakan bahwa golok tersebut di proses menggunakan metode pengecoran.

Dugaan yang dinyatakan oleh pemilik golok ke museum (hibah), umur golok diperkirakan sudah 300 tahun lebih, menjadikan golok tersebut tergolong golok tua yang beda dengan golok konvensional pada saat ini.

3.5. Pengkajian dan Analisis Kekuatan Material

Pengkajian mengacu dari hasil pengujian kekerasan dari sampel golok ketiga. Pengujian dilakukan pada 3 titik vertikal untuk mendapatkan hasil kekerasan pada masing-masing bagian lebar dari golok tersebut seperti pada Gambar 14. Hasil pengujian kekerasan tersebut mendapatkan nilai 314.3 HV pada titik pertama, 326.5 HV pada titik kedua, dan 410.7 HV pada titik ketiga. Hasil tersebut memiliki rata-rata kekerasan di angka 350.5 HV dengan cangkupan pada sisi vertikal titik kesetimbangan golok (tengah). Jikalau ditinjau dengan konversi hasil pengujian kekerasan untuk mendapatkan hasil pengujian tarik (*tensile strength*) yang mengacu dari tabel konversi ASTM mendapatkan angka 161 lbs/sq in dan bila di konversi kembali ke satuan MPa mendapatkan angka 1110,05 MPa [12].

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4, maka pengkajian perbandingan kekerasan material antara sampel golok dengan golok Banten Moderen yang dibuat menggunakan material per daun (suspensi mobil), serta dengan golok Banten moderen yang telah jadi yang dibuat oleh “Empu”.

Tabel 3. Tabel Hasil Uji Kekerasan *Brinell* (Hikmatullah, Haryadi, & Saefuloh, 2020)

TITIK	Nilai Kekerasan (HB)	Nilai Kekerasan (HV)	Titik Pengujian
1	241.34	253	
2	233.44	245	
3	255.65	268	
4	223.37	234	
5	223.53	234	

Tabel 4. Tabel Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers* [6]

TITIK	Nilai Kekerasan (HV)	Titik Pengujian
1	289	
2	283	
3	313	
4	362	
5	412	

Setelah dilihat pada tabel pengujian diatas dan dibandingkan dengan hasil pengujian kekerasan sampel golok ketiga. Hal ini menjelaskan bahwasanya, jika kekerasan yang dimiliki golok moderen Banten masih lebih rendah dengan sampel golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten

Lama. Dengan demikian, terdapat sebuah literatur proses pembuatan yang mengacu dari karakteristik dan fungsi konfigurasi golok lawas untuk membuat golok moderen yang saat ini. Dengan tersebarnya golok lawas Banten pada Masyarakat, kolektor, maupun pengrajin dengan ilmu empiris tanpa adanya pengetahuan teknik lebih terkait golok lawas tersebut, maka hal yang paling memungkinkan untuk mendapatkan keseragaman karakteristik penggunaan dan fungsi konfigurasi melalui golok lawas itu sendiri. Maka dari itu, boleh jadi kekerasan, bahan dasar pembuat golok dan fungsi konfigurasi yang diperoleh pada golok moderen didapatkan dari hasil analisis empiris terkait penggunaan golok lawas.

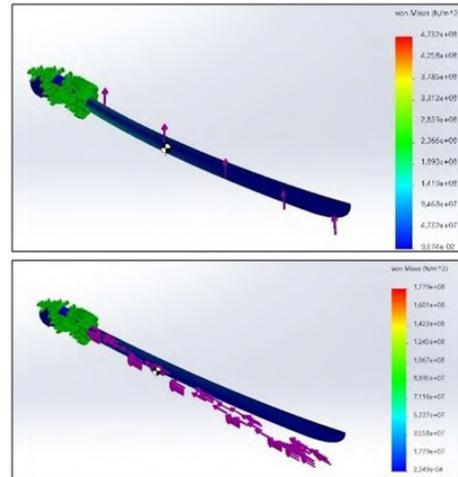
3.6. Simulasi Kekuatan Material

Setelah didapatkan hasil pengukuran pada seluruh golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten yang dijadikan sampel, untuk mendapatkan *reverse engineering* dari penelitian yang didapatkan lebih maksimal, maka dilakukanlah sebuah simulasi dan analisis terkait mengidentifikasi nilai kekuatan fisik atau mekanik golok apabila menerima pembebanan. analisis menggunakan perangkat lunak *Finite Element Methode* (FEM) dengan parameter:

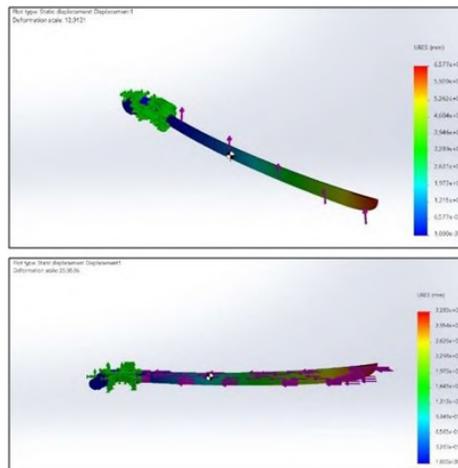
1. *Stress*, *Displacement* (Lendutan), dan *Safety factor* secara aksial, dan
2. *Stress*, *Displacement* (Lendutan), dan *Safety factor* secara lateral.

Pembebanan dilakukan untuk mendapatkan hasil dari *stress* dan *Displacement* yang mempengaruhi oleh material dan besarnya gaya yang digunakan. *Safety factor* juga akan didapatkan dalam hasil melakukan simulasi menggunakan fitur *force*. Material yang digunakan merupakan material asumsi dan nilai gaya yang digunakan merupakan gaya asumsi dari referensi *human strength ergonomic* untuk orang Barat yaitu USA sebesar 177,6 N (lengan kanan) ke arah aksial dengan sudut 180° dan untuk arah lateral lengan kanan sebesar 60.8 N. dengan demikian, diasumsikan besar gaya yang digunakan sebesar 100 N atau 10 Kgf dikarenakan menggenapkan dan penelitian dilakukan oleh tenaga orang Indonesia. Berikut merupakan hasil dari simulasi pada sampel golok yang digunakan.

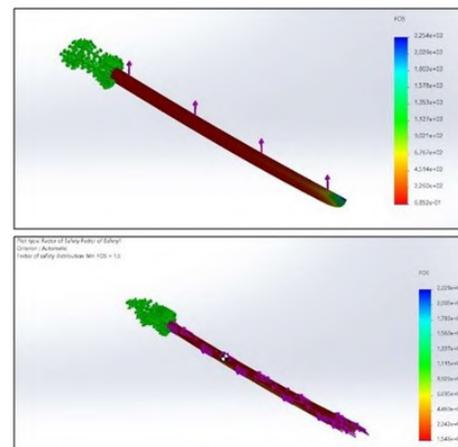
Dalam simulasi yang dilakukan dengan menggunakan golok ketiga pada gaya atau arah aksial dan lateral, menggunakan material A286 *Iron Base Superalloy* yang mana hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang ditimbulkan apabila menggunakan gaya sebesar 100 N. Gambar 15–17 merupakan hasil yang didapatkan dari simulasi *stress*, *displacement* dan *safety factor*.



Gambar 15. Gaya Lateral dan Aksial *Stress* Golok Sampel Ketiga



Gambar 16. Gaya Lateral dan Aksial *Displacement* Golok Sampel Ketiga



Gambar 17. Gaya Lateral dan Aksial *Safety factor* Golok Sampel Ketiga

4. Kesimpulan

Setelah dilakukannya kajian melalui beberapa metode yakni tinjauan sejarah, proses manufaktur, pendekatan

terhadap pola sulangkar yang terdapat pada sampel golok dan katana, hasil analisis tersebut dapat mengarah pada hasil proses penempaan yang mana memang merupakan metode konvensional manufaktur pembuatan golok yang diketahui pada saat ini. Kemudian, setelah dilakukannya pengujian metalografi dari salah satu sampel golok koleksi museum, terdapat hasil yang menyatakan hasil berbeda yaitu menggunakan metode pengecoran/peleburan. Hal tersebut dilatarbelakangi dengan adanya temuan struktur mikro yang berupa besi cor nodular yaitu berbentuk bulat.

Karakteristik geometri yang telah didapatkan dalam proses pengambilan data dengan dilakukannya pengukuran pada ketiga sampel golok, dengan diantaranya memiliki fungsi kombinasi yaitu kontrol dan menyerang dengan cara menebas maupun menusuk. Golok yang memiliki konfigurasi semakin melebar pada ujung bilah cenderung memiliki kenyamanan untuk menyerang dan jikalau sebaliknya memiliki kenyamanan untuk menusuk, hal tersebut juga dipengaruhi oleh gagang golok yang memberikan kesan penambah kenyamanan untuk digunakan sesuai fungsi seperti gagang golok sampel ketiga nyaman untuk dilakukannya penebasan. Dengan *center of gravity* yang telah diperoleh dari persamaan 4.1 yaitu sebesar 35.45 – 41.42 % dan dilakukannya tinjauan dari persamaan 2.1 membuat golok memiliki acuan fungsi konfigurasi yang melatarbelakangi kegunaannya. Sampel golok yang dilakukan pengujian diperkirakan berumur 300 tahun lebih yang apabila ditinjau dari studi literatur pada zaman tersebut golok memiliki sebuah kepentingan yaitu pengawalan, peperangan, dan senjata Sultan itu sendiri. Dengan demikian, dilakukan sebuah analisis kekuatan material dengan rata-rata kekerasan hasil pengujian golok sebesar 350.5 HV yang dikonversi dengan standar ASTM untuk mendapatkan nilai tensile strength sebesar 1110.05 MPa. Lalu, dilakukan juga sebuah simulasi dengan hasil *stress* dengan arah lateral yaitu sebesar $2.936 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan arah aksial sebesar $1.541 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Lalu pada hasil simulasi *safety factor* pada arah lateral sebesar 1.2 dan arah aksial sebesar 2.3.

Golok moderen yang dibuat pada zaman ini memiliki gagang, karakteristik bilah, cenderung hampir sama dengan golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama. Hal ini didapati dengan adanya kemiripan ketika dilakukan penelitian konfigurasi. Begitu juga dengan kekerasan golok yang dimiliki oleh golok moderen, golok moderen cenderung memiliki nilai kekerasan yang hampir sama namun tidak melebihi golok koleksi museum yang dilakukan pengujian kekerasan, golok proses secara pribadi unuk kepentingan penelitian dengan menggunakan material per baja mendapatkan rata-rata nilai 246.8 HV dan golok hasil pembelian yang sudah jadi guna kepentingan penelitian mendapatkan rata-rata nilai 322.8 HV. Hal tersebut dapat disimpulkan

bahwasanya terdapat keterkaitan antara golok moderen yang dibuat dengan golok lawas Banten yang telah beredar dimasyarakat. Pembedaannya hanya ada pada ukuran bilah yang disesuaikan dengan kepentingan zaman golok tersebut digunakan.

Hakikatnya, apapun yang dilakukan dalam berkehidupan dari zaman dahulu sampai saat ini merupakan sebuah jalan yang telah diberikan dan dikhususkan untuk dilakukannya sebuah pengambilan keputusan. Namun sejatinya, berkehidupan dengan cara dapat bermanfaat untuk hal lain dari apa yang dilakukan saat ini merupakan ketetapan hati yang tidak mungkin dapat dipungkiri. Hanya logika yang menjadikan hal tersebut memiliki keputusan berbeda. Ketetapan hati adalah jalan mendapatkan hakikatnya hidup berada dekat dengan sang pencipta. Pahamiilah, bahwa jantungku disini dan setiap detiknya hatiku adalah milikku, sedangkan detaknya adalah dirimu.

Ucapan Terimakasih

1. Terima kasih kepada Kepala dan Staff Balai Pelestarian Kebudayaan Wilayah VIII Banten – DKI Jakarta, yang telah memberikan kepercayaan dan memberikan izin untuk kami melakukan penelitian terhadap golok koleksi Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama.
2. Terima kasih kepada Ibu Siti Rohani selaku penanggung jawab Museum Situs Kepurbakalaan Banten Lama dan juga kepada karyawan staff MSKB yang telah membantu dan mempercayai kami dalam proses penelitian koleksi golok berlangsung.

Daftar Rujukan

- [1] Pudjiastuti, T., 2007. Perang, Dagang, Persahabatan : Surat-Surat Sultan Banten. 1st ed. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- [2] Guillot, C., Nurhakim, L., Wibisono, S., 1996. BANTEN Sebelum Zaman Islam : Kajian Arkeologi di Banten Girang 932 - 1526. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [3] Nurwansyah, I., 2019. Siksa Kandang Karesian. Jakarta: Perpustakaan Nasional Republik Indonesia.
- [4] Daimaruya, M., Kobayashi, H., 2012. Impact Behaviour of the Japanese Sword. Engineering Transactions, 60 (2), pp. 101-112.
- [5] Eilam, E., 2005. Reversing: Secrets of Reverse Engineering. Canada: Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [6] Wibowo, D. B. (2006). Memahami Reverse Engineering Melalui Pembongkaran Produk di Program S-1 Teknik Mesin. Traksi, 4 (1), pp. 20-31.
- [7] Paroka, D., 2018. Karakteristik Geometri dan Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Kapal Ferry Ro-Ro Indonesia. Kapal : Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan, 15 (1), pp. 1-8.
- [8] Ashby, M., 2011. *Materials Selection In Mechanical Desain*. 4th ed. Butterworth-Heinemann.
- [9] Sofian, H.O., 2021. Perkembangan Teknologi Tungku Lebur Logam Besi Pada Zaman Kuno Di Indonesia. KALPATARU, Majalah Arkeologi, 30 (2), pp. 141-152.

- [10] Dacha, D., Saefuloh, I., Haryadi., 2020. Pemanfaatan Material Baja X-Ses Di Kota Cilegon Sebagai Material Bilah Golok Banten. *Jurnal Teknik Mesin*, 13 (2), pp. 64-68.
- [11] Fauzy, A.R., 2021. Geometri Sifat Mekanik Pada Golok Sembelih Di Rumah Potong Hewan Panggung Rawi.
- [12] Budiman, F.A., Septiyanto, A., Sudiyono, Musyono, A., Setiadi, R., 2021. Analisis Tegangan von Mises dan *Safety factor* pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16 (1), pp. 100-108.

LAMPIRAN

<https://drive.google.com/drive/folders/10cp2VOTLRZIDTGW-HDkgdMPPEzFWXYkD?usp=sharing>