

## Modifikasi *Special Tools* untuk *Assy-Disassy Fuel Nozzle Engine Allison M250 C20b*

Sopia Meilina<sup>1</sup>, Moch. Luthfi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Aeronautika, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

<sup>1</sup>E-mail : [sopia.meilina.aer21@polban.ac.id](mailto:sopia.meilina.aer21@polban.ac.id)

<sup>2</sup>E-mail : [mluthfi@polban.ac.id](mailto:mluthfi@polban.ac.id)

### ABSTRAK

*Engine Allison* memiliki batas maksimal sekitar 3.500 jam terbang sebelum memerlukan overhaul, termasuk komponen *fuel nozzle* pada *engine Allison M250 C20B*. Selama *overhaul*, proses *assy-disassy* terhadap *fuel nozzle* dari *combustion chamber* membutuhkan *special tools*. Penelitian ini membahas modifikasi *special tools* sebelumnya yang dianggap kurang efektif, dan desain baru dibuat menggunakan *Solidworks*. Material yang digunakan adalah Bohler K-460, yang lebih murah daripada Bohler K-110 dengan spesifikasi sama. Produk ini dibuat melalui proses manufaktur *milling* dan bubut konvensional, dengan tambahan *fastener screw* sebagai penahan antara *hexagon* dan *body*, serta *locking nut* pada ulir *nozzle body* untuk mencegah *special tools* terlepas saat digunakan. Setelah pembuatan, dilakukan *heat treatment* dan uji keras *Rockwell-C*, dengan nilai kekerasan produk sebelum *heat treatment* 20 HRC dan setelahnya 41 HRC. Pengujian alat dilakukan pada *dummy* dengan kekerasan yang sama dengan komponen asli untuk memastikan alat tidak merusak *fuel nozzle* atau sebaliknya. Penelitian ini menghasilkan *special tools* yang lebih optimal untuk mendukung proses *assy-disassy fuel nozzle* pada *Engine Allison M250 C20B*.

**Kata kunci:** Modifikasi, *Special Tools*, *Fuel Nozzle*, *Allison*.

*Allison engines have a maximum limit of about 3,500 flight hours before overhaul, including the fuel nozzle component on the Allison M250 C20B. During overhaul, the assy-disassembly process of the fuel nozzle from the combustion chamber requires special tools. This research discusses the modification of previous special tools that were deemed less effective, and a new design was created using Solidworks. The material used is Bohler K-460, which is cheaper than Bohler K-110 with the same specifications. The product made through conventional milling and lathe manufacturing processes, with the addition of a fastener screw as a retainer between the hexagon and the body, and a locking nut on the body nozzle thread to prevent the special tools from slipping out during use. After manufacturing, heat treatment and Rockwell-C hardness test were carried out, with a product hardness value before heat treatment of 20 HRC and after 41 HRC. Tool testing is carried out on a dummy with the same hardness as the component to ensure the tool does not damage the fuel nozzle or vice versa. This Final Project produces special tools that are more optimal to support the fuel nozzle assy-disassembly process on the Allison M250 C20B Engine.*

**Keywords:** Modification, *Special Tools*, *Fuel Nozzle*, *Allison*.

### 1. PENDAHULUAN

*Engine Allison* memiliki batas usia operasional sekitar 3.500 jam terbang, yang dapat bervariasi berdasarkan rekomendasi *Rolls-Royce* dan otoritas penerbangan setempat. Setelah mencapai batas ini, *overhaul* diperlukan untuk memastikan kinerja dan keamanan mesin, termasuk komponen *fuel nozzle*. Sebelum *overhaul*, *fuel nozzle* harus dilepas dari *combustion chamber* dan dipasang kembali setelah *overhaul* sesuai nilai torsi yang tercantum di *Maintenance Manual*. Proses ini memerlukan *special tools* karena posisi *fuel nozzle*

yang berdekatan dengan igniter membuat penggunaan wrench tool biasa berisiko merusak *fuel nozzle*.

*Special tools* untuk *fuel nozzle* (23007638 wrech) yang dijual oleh manufaktur memiliki harga yang sangat mahal sehingga memerlukan biaya tambahan untuk membeli *special tools* yang diperlukan. Maka alternatif lain yang dapat ditempuh agar kegiatan praktik dapat dilakukan yakni dengan cara membuat *special tools* dengan mengacu pada *Casr 145.109* tentang *Equipment*,

*materials, data and aeronautical product requirements point C. Special tools* yang pernah dibuat sebelumnya dinilai kurang efektif dengan menggunakan *welding* sebagai penahan antara *hexagon* dengan *body*, jadi ketika *hexagon* sudah mengalami kerusakan alat tersebut harus membuat ulang beserta *body* nya. Alat tersebut juga tidak dilengkapi dengan *locking nut* untuk ulir yang berada di *nozzle body* sehingga alat tersebut berpotensi terlepas dan merusak *fuel nozzle* pada saat digunakan.

Oleh karena itu pada Penelitian ini membuat modifikasi *special tools* untuk komponen *fuel nozzle* pada *Engine Allison M250 C20B* agar lebih optimal, dengan cara menggunakan *fastener screw* untuk menahan slot *hexagon* agar dapat di bongkar pasang jika *hexagon* sudah mengalami aus atau kerusakan. Jadi ketika *hexagon* sudah rusak yang diganti hanya *hexagon*nya saja tidak harus mengganti *body*. Menambahkan *locking nut* agar alat ini tidak terlepas dan tidak merusak komponen *fuel nozzle* saat digunakan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini adalah modifikasi *special tools* untuk praktik *assembly* dan *disassembly engine Allison M250 C20B*. Terdapat berbagai sumber yang dijadikan referensi oleh penulis, antara lain *Engine Maintenance Manual, ATA Chapter*, Youtube Video. serta sumber-sumber yang membahas mengenai *special tools fuel nozzle* sebagai berikut:

Pada Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sukmara (2023), dengan judul “Rancang Bangun Special Tool Untuk Praktik Maintenance Fuel Nozzle Engine Allison M250 C20B”, menjelaskan tentang hasil pembuatan *special tools* dengan menggunakan *welding* dengan bahan yang dipakai adalah Bohler K110 dan nilai kekerasan akhir ialah 57 HRC [1].

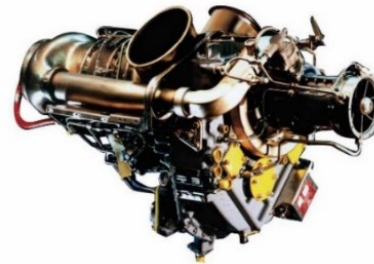
### 2.2 Landasan Teori

Pada bagian ini akan membahas beberapa teori-teori dasar yang diambil dari beberapa referensi yang bertujuan agar dapat menunjang atau menjadikan acuan dalam pengerjaan laporan Penelitian ini.

#### 2.2.1 Engine Allison M250 C20B

*Engine allison M250 C20B* adalah *engine* tipe *turboshaft* dengan turbin gas pembakaran internal yang menghasilkan turbin tenaga “bebas”. *Engine* ini terdiri dari 6 stage kompresor *axial-*

*centrifugal*; *Pressure ratio* 7:1, *Combustion* bertipe “*Single Can Combustion*”; *turbine assembly* digabungkan dengan turbin penghasil gas dua tahap dan pengumpul gas buang; dan *accessory gearbox* yang menggabungkan rangkaian roda gigi produser gas dan rangkaian roda gigi *power turbine* [2]. Pada Gambar.1 menunjukkan *Engine Allison M250 C20B*, yang merupakan salah satu *Engine* yang berada di hanggar Politeknik Negeri Bandung.



Gambar. 1 Engine Allison M250 C20B [3]

#### 2.2.1 Fuel Nozzle

*Fuel Nozzle* merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah *fuel* menjadi partikel kabut dan menyembrotkan ke *combustion chamber*. Komponen tersebut mendapatkan tekanan aliran *fuel* yang telah diatur oleh FCU (*fuel control unit*). Aliran *primary* mengalirkan *fuel* setiap kali saat tekanan 30 psi, sedangkan *secondary* menerima *fuel* hanya jika tekanan *fuel* melebihi 150 psi. *Fuel Nozzle Engine Allison M250 C20B* bertipe *simplex* dengan *single entry double orifice* dimana komponen ini memiliki lubang masuk tunggal dan lubang keluar ganda. *Fuel nozzle* menempel di bagian tengah belakang engine di *combustion* bagian luar [4]. Gambar.2 merupakan komponen *Fuel nozzle* yang berada pada *Engine Allison M250 C20B*.



Gambar. 2 Fuel Nozzle Allison M250 [5]

#### 2.2.2 Thread

Ulir atau *thread* adalah bagian dari sebuah komponen yang berfungsi sebagai pengikat atau penghubung antara baut atau poros dengan pasangannya. Dalam penggunaannya, ulir selalu bekerja secara berpasangan, baik itu dengan ulir

luar maupun ulir dalam. Secara umum, ulir memiliki bentuk kurva spiral dengan alur melingkar pada permukaan silindernya [6].

### 2.2.3 Fastener

*Fastener* atau pengunci adalah komponen yang berbentuk batang atau tabung dengan alur heliks pada permukaannya, yang berfungsi sebagai pengikat atau pengunci benda pada permukaan benda lain. Material *screw* yang digunakan penulis, yaitu jenis baja BJ34, memiliki kekuatan tegangan maksimal sekitar 340 MPa [7].

### 2.2.4 Bohler K-460

Bohler K-460 adalah baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe), karbon (C), dan elemen lainnya. Baja ini dapat dibentuk melalui proses pengecoran atau penempuran. Karbon adalah unsur penting karena meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. K-460 adalah produk baja dari BOHLER, dengan komposisi karbon 0,95%, mangan 1%, krom 0,5%, vanadium 0,1%, dan wolfram 0,5%. Baja K-460 tergolong baja karbon tinggi dengan kandungan karbon antara 0,70 dan 1,40. Baja ini memiliki kekerasan tinggi, menjadikannya cocok untuk komponen yang memerlukan kekerasan, keuletan, dan ketahanan terhadap gesekan. Material ini memiliki spesifikasi yang mirip dengan Bohler K-110, namun dengan harga yang lebih terjangkau dan mudah ditemukan di pasaran [8].

### 2.2.5 Solidworks

*Solidworks* adalah program CAD (*computer-aided design*) yang mendukung desain 3D dan 2D pada *platform Windows*. Dikembangkan oleh *Solidworks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault Systemes, S.A., software* ini tidak hanya digunakan untuk membuat desain, tetapi juga untuk menganalisis produk guna mengetahui kekuatannya, seperti torsi, suhu, gaya, dan faktor keamanan. Keunggulan *Solidworks* dibandingkan dengan *software CAD* lainnya adalah kemampuannya untuk mengubah sketsa 2D menjadi sketsa 3D [9].

### 2.2.6 Momen Gaya/Torsi

Momen gaya, atau torsi, adalah gaya eksternal yang menyebabkan suatu benda berputar mengelilingi sumbu. Torsi adalah besaran turunan yang digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh benda yang berputar pada porosnya. Torsi dianggap positif jika arah putarannya searah dengan jarum jam, sedangkan torsi negatif terjadi jika arah putarannya

berlawanan dengan jarum jam. Rumusan torsi adalah sebagai berikut [10] :

$$\tau = F \times l \quad (2.1)$$

$$F = \frac{\tau}{l} \quad (2.2)$$

Dimana:

$\tau$  = Momen gaya (Nm)

$F$  = Vektor Gaya (N)

$l$  = Lengan Momen (m)

### 2.2.7 Gaya Geser

Gaya geser adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbunya dan terjadi ketika dua permukaan bergesekan satu sama lain, bergerak dalam arah yang berlawanan sesuai dengan gerakan relatif antara kedua permukaan tersebut. Gaya geser dapat dihitung menggunakan persamaan statis. Terdapat dua kondisi gaya geser tergantung pada arahnya: gaya geser positif terjadi ketika gaya bekerja ke atas, sedangkan gaya geser negatif terjadi ketika gaya bekerja ke bawah. Untuk menghitung gaya geser pada setiap *screw*, dapat digunakan persamaan 2.3. [11].

$$F_{geser} = \frac{P}{n} \quad (2.3)$$

Dimana:

$F_{geser}$  = Gaya geser pada setiap screw (N)

$P$  = Total beban yang bekerja pada sambungan (N)

$n$  = Jumlah screw

### 2.2.8 Bubut

Mesin bubut adalah mesin yang terbuat dari logam dan berfungsi untuk menyayat atau memotong benda dengan memutar benda kerja. Dalam industri, mesin bubut memainkan peran penting dalam pembuatan komponen seperti mur, roda gigi, poros, dan lainnya. Mesin ini berguna sebagai perkakas untuk proses pemotongan logam. Prinsip dasar kerja mesin bubut adalah benda kerja yang berputar dan alat potong yang bergerak secara linier. Mesin bubut digunakan secara khusus untuk memproses benda kerja yang menghasilkan bentuk penampang lingkaran atau silinder. Tiga parameter utama dalam proses pembubutan adalah kecepatan putar spindle (*speed*), gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Ketiga parameter ini dapat diatur langsung oleh operator pada mesin bubut [12].

### 2.2.9 Milling

Proses pemesinan *milling* adalah salah satu teknik pemesinan yang banyak digunakan untuk membuat berbagai komponen. Proses ini sering dipakai untuk menghasilkan komponen dengan profil tertentu, seperti dalam pembuatan cetakan (*mould*). Untuk mencapai produksi yang tinggi, waktu yang diperlukan dalam proses *milling* harus sesingkat mungkin. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur parameter pemesinan pada kondisi maksimum untuk mendapatkan laju pemakanan material yang tinggi. Namun, pengaturan parameter pada nilai maksimum dapat meningkatkan kekasaran permukaan pada produk komponen [13].

### 2.2.10 Heat Treatment

Proses *heat treatment* atau perlakuan panas, merupakan proses yang bertujuan untuk mengubah sifat logam dengan mengatur struktur mikro melalui pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu, tanpa mengubah komposisi kimia logam. Tujuannya adalah untuk meningkatkan keuletan, mengurangi tegangan internal, memperhalus ukuran butir kristal, serta meningkatkan kekerasan atau kekuatan tarik logam. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ini meliputi suhu pemanasan, durasi pemanasan, laju pendinginan, dan lingkungan atmosfer [14].

### 2.2.11 Media Pendingin

Pada proses *quenching*, pendinginan cepat atau singkat dapat dilakukan dengan menggunakan media seperti udara, air, larutan garam, atau oli. Setiap jenis media memiliki kemampuan pendinginan yang berbeda, yang dipengaruhi oleh suhu, viskositas, kandungan larutan, dan bahan dasarnya. Kecepatan pendinginan mempengaruhi kekerasan logam, karena pendinginan cepat menghasilkan struktur logam yang lebih keras dibandingkan dengan pendinginan lambat [14].

### 2.2.12 Rockwell

Uji kekerasan *Rockwell* adalah metode pengukuran kekerasan material yang mirip dengan pengujian *Brinell*. Dalam pengujian ini, beban yang diterapkan dan jenis indenter yang digunakan dapat bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Metode ini menggunakan beban dan indenter yang lebih kecil dibandingkan dengan pengujian *Brinell*, sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih luas. Indenter yang digunakan dalam pengujian *Rockwell* dapat berupa kerucut intan dengan ujung yang agak membulat yang dikenal sebagai *brale*, atau bola

baja. Diameter bola baja yang umum digunakan adalah  $\frac{1}{6}$  inci, namun diameter yang lebih besar seperti  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$  atau  $\frac{1}{2}$  inci juga dapat digunakan untuk bahan yang lebih lunak. Proses pengujian *Rockwell* dimulai dengan memberikan beban minor sebesar 10 kg. Setelah itu, beban mayor diterapkan, yang bervariasi tergantung pada jenis indenter yang digunakan: beban mayor sebesar 60 atau 100 kg digunakan untuk indenter bola baja, sedangkan beban sebesar 150 kg digunakan untuk indenter kerucut intan. Dial pengukur yang digunakan dalam proses ini terdiri dari warna merah dan hitam, yang dirancang untuk pengujian pada skala B (HRB) atau C (HRC), yang merupakan skala yang sering digunakan. Skala kekerasan B (HRB) biasanya digunakan untuk mengukur kekerasan material dengan kekerasan medium, seperti baja karbon rendah dan baja karbon sedang yang telah mengalami proses pelunakan. Skala C (HRC), di sisi lain, digunakan untuk mengukur kekerasan material yang lebih keras, seperti baja karbon tinggi dan baja yang telah dikeraskan [15]. Pada Gambar. 3 menunjukkan mesin yang digunakan untuk uji keras *Rockwell-C*.



Gambar. 3 Mesin Uji Keras *Rockwell-C*

## 3. METODE DAN PENYELESAIAN MASALAH

Tahapan penyelesaian masalah pada penelitian ini terdapat pada diagram alir yang telah tersusun secara sistematis sebagai berikut:


### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai tahapan pertama untuk pembuatan *special tools* dengan mengumpulkan data, sumber informasi dari penelitian terdahulu, jurnal, makalah maupun buku yang nantinya akan dijadikan referensi untuk mempelajari dan memahami produk yang akan dibuat oleh penulis.

### 3.2 Desain Requirement and Objective (DRO)

Sebelum membuat DRO modifikasi tools, maka penulis menguraikan terlebih dahulu spesifikasi *special tools* sebelumnya untuk dijadikan perbandingan dengan produk *special tools* yang sekarang. Pada Tabel. 1 menunjukkan spesifikasi dari produk sebelumnya dan pada Tabel. 2 adalah DRO *special tools* yang penulis buat.

Tabel. 1 Spesifikasi Special Tools Sebelumnya [1]

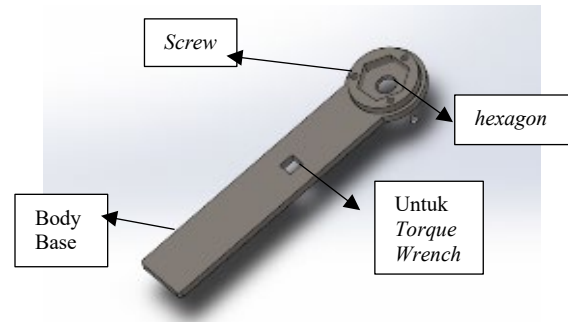
No	Spesifikasi Special Tools Sebelumnya	
	1	Bahan BOHLER K110
	2	Ukuran 200 mm × 35 mm
	3	Diameter Body dan Hexagon 47 mm & 41 mm
	4	Proses Manufaktur CNC Milling
	5	Kekerasan Akhir 57 HRC
	6	Torsi Fuel Nozzle 34 Nm
	7	Kekerasan Fuel Nozzle 34.3 HRC
	8	Jenis penahan Body dan Hexagon Welding

Tabel. 2 Design Requirement and Objective

NO	DRO (Design Requirement and Objective)	Kriteria	Keterangan
1	Bahan	BOHLER K460	Harga lebih murah.
2	Ukuran	195 mm × 30 mm	Tidak mempengaruhi fungsi utama alat.
3	Diameter Body dan Hexagon	47 mm & 41 mm	Agar tidak menggores Igniter
4	Proses Manufaktur	Milling Konvensional	Lebih murah
5	Kekerasan Akhir	≥ 34.3 HRC	Diharapkan lebih dari kekerasan komponen asli.
6	Torsi Fuel Nozzle	34Nm	Tercantum pada Manual Book.
7	Kekerasan Fuel Nozzle	34.3 HRC	Nilai kekerasan komponen dari pabrik.
8	Jenis penahan Body dan Hexagon	Fastener Screw	Mudah ditemukan di pasaran, dan meningkatkan estetika produk.

### 3.3 Perancangan Desain

Desain produk dengan menggunakan *software solidworks* sesuai dengan produk yang akan dibuat oleh penulis. Desain modifikasi *special tools* yang penulis buat pada *software solidwork* ditunjukkan pada Gambar. 4.



Gambar. 4 Desain menggunakan Fastener Screw

### 3.4 Proses Manufaktur

Pada proses ini penulis terlebih dahulu menentukan material yang akan digunakan untuk membuat produk. Material yang digunakan adalah Bohler K-460 karena memiliki kekuatan yang keras dan cocok untuk pembuatan alat yang memerlukan gerak geser sehingga material ini tidak akan merusak *fuel nozzle* itu sendiri dan harga pasaran jauh lebih murah dari Bohler K-110. Pembuatan produk *special tools* menggunakan proses *milling* sedangkan pembuatan *dummy* menggunakan proses bubut konvensional berbeda dengan *special tools* sebelumnya yang menggunakan CNC *milling*. Hal ini dilakukan karena dengan mesin konvensional jauh lebih murah dibanding mesin CNC. Selain itu, dengan jumlah produksi yang sedikit maka penggunaan mesin konvensional akan jauh lebih efektif dibanding menggunakan mesin CNC sebab mesin CNC digunakan untuk jumlah produksi yang sangat tinggi.

### 3.5 Pengujian Material

Setelah produk selesai melakukan proses manufaktur, selanjutnya dilakukan proses *heat treatment* terlebih dahulu sebelum melaksanakan pengujian terhadap material, hal ini bertujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan ukuran butir kristal serta meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik yang terjadi pada material yang digunakan.

Proses *heat treatment* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Produk yang sudah jadi diberikan kawat sebagai pengikat antara *hexagon*, *base*, dan spesimen uji keras, hal ini dilakukan untuk mempermudah ketika proses *quenching*.



2. Masukkan produk kedalam oven lalu panaskan secara perlahan dari suhu 0°C sampai suhu 850°C.
3. Tahan pada suhu konstan (850°C) untuk jangka waktu sekitar dua jam.
4. Setelah mencapai waktu yang ditentukan, segera lakukan proses *quenching* menggunakan media oli selama satu menit.
5. Setelah proses *quenching*, produk akan mengalami kerapuhan maka harus dilakukan proses *tempering* untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan ketangguhan material pada produk.
6. Proses *tempering* dilakukan pada suhu yang lebih rendah. Proses ini dilakukan dengan cara memasukan kembali produk pada oven lalu panaskan secara perlahan dari suhu 0°C sampai suhu 250°C, setelah mencapai suhu 250°C tahan selama satu jam.
7. Setelah satu jam berlalu, keluarkan produk dari oven lalu lakukan proses pendinginan menggunakan media udara dengan cara menyimpan produk pada ruang terbuka selama satu jam.

Terakhir dilakukan proses uji keras, hal ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dari produk setelah proses *heat treatment* dan membandingkan kekerasan pada *fuel nozzle* agar *fuel nozzle* tidak rusak karena *special tools* terlalu keras. Jenis pengujian yang akan penulis lakukan terhadap spesimen yang dibuat adalah uji keras *Rockwell-C* spesimen ini diambil dari potongan bahan material yang sama dengan material yang dipakai pada produk.

Proses ini dilakukan sebagai berikut:

1. Pastikan spesimen rata dan hamplas sampai permukaan benar-benar bersih.
2. Pastikan alat sudah terkalibrasi.
3. Cengkam spesimen uji keras, lalu uji terhadap permukaan yang sudah diratakan dengan indentor intan kerucut.
4. Lihat hasil kekerasan pada layar digital.

## 5. Testing

Produk yang telah melewati proses *heat treatment* dan pengujian material selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap produk. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekerasan akhir produk apakah akan merusak *fuel nozzle* yang asli atau tidak. Akan tetapi proses pengujian ini tidak langsung dilakukan pada *fuel nozzle* yang terpasang pada *Engine Allison M250*, melainkan dengan menggunakan *dummy* yang telah penulis buat karena *fuel nozzle* yang ada di hanggar tidak

dapat dibongkar. Salah satu alasan mendasar yaitu tidak tersedianya *consumable material*, jika dipaksakan maka akan merusak komponen tersebut. Untuk memastikan bahwa kekerasan akhir pada produk tidak akan merusak komponen *fuel nozzle* asli, maka dilakukan uji coba terhadap *dummy* dengan menyetting nilai torsi yang berbeda (melebihi 34 Nm) sebanyak 10 kali percobaan dengan hasil seperti pada Tabel. 4.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari serangkaian proses demi proses analisis dan selama pembuatan produk *special tools*, hal yang penulis dapatkan yaitu produk yang sudah siap digunakan dalam menunjang prosedur *assy-disassy fuel nozzle Engine Allison M250 C20B*. Dimana indikasi keberhasilan adalah produk dapat terpasang dengan pas ke *hexagon* yang berada pada *fuel nozzle* asli tanpa ada kelonggaran sama sekali. *Locking nut* yang penulis buat terpasang dengan pas pada *thread* yang berada pada komponen asli, serta *dummy* maupun *special tools* yang penulis buat tidak ada kerusakan sama sekali ketika digunakan dengan torsi yang berbeda secara berulang-ulang. Jadi dapat disimpulkan bahwa kekerasan akhir produk tidak akan merusak komponen *fuel nozzle*, atau sebaliknya kekerasan *fuel nozzle* tidak akan merusak *special tools* yang penulis buat.

#### 4.1.1 Hasil Desain

Desain *special tools* yang dibuat pada *software solidwork* pada Gambar. 4 sesuai dengan hasil desain yang didapatkan pada Gambar. 5 dan Gambar. 6.



Gambar. 5 Hasil Desain Tampak Depan



Gambar. 6 Hasil Desain Tampak Belakang

#### 4.1.2 Hasil Heat Treatment

Setelah melakukan proses *hardening* yang bertujuan untuk menambah kekerasan material pada produk, maka didapatkan nilai kekerasan akhir dua kali lipat lebih keras dari kekerasan awal material BOHLER K460 seperti yang terlihat pada Tabel.3. Karakteristik material dari produk setelah dilakukan *heat treatment* menghasilkan material yang lebih kuat dan keras akan tetapi tidak menjadi getas, karena produk sudah mengalami proses *tempering* yang dilakukan guna menambah keuletan pada material yang digunakan produk.

Tabel. 3 Hasil Heat Treatment

No	Nama Bahan	Kekerasan Awal	Kekerasan Akhir
1	BOHLER K-460	20 HRC	41 HRC

#### 4.1.3 Hasil Pengujian Special Tools

Dilakukan pengujian *special tools* sebanyak dua kali, yang pertama pengujian dimensi ke *engine* langsung didapatkan *special tools* yang berfungsi dengan parameter tools tersebut dapat masuk dengan pas ke *fuel nozzle* tanpa adanya kelonggaran di setiap sisi *hexagon* nya. Sedangkan percobaan kedua dilakukan pengujian kekerasan produk terhadap *dummy* dengan nilai torsi lebih dari 34 Nm secara berulang dengan hasil kekerasan akhir produk tidak merusak *dummy fuel nozzle*, maka *special tools* yang penulis buat juga tidak akan merusak komponen asli. Hasil uji coba *special tools* terhadap *dummy* terdapat pada Tabel. 4.

Tabel. 4 Hasil Uji Coba

Percobaan	Nilai Torsi	Hasil
1	35 Nm	Tidak merusak dummy
2	37 Nm	Tidak merusak dummy
3	39 Nm	Tidak merusak dummy
4	41 Nm	Tidak merusak dummy
5	43 Nm	Tidak merusak dummy
6	45 Nm	Tidak merusak dummy
7	47 Nm	Tidak merusak dummy
8	49 Nm	Tidak merusak dummy
9	51 Nm	Tidak merusak dummy
10	53 Nm	Tidak merusak dummy

#### 4.2 Pembahasan

*Special tools* yang dihasilkan berfungsi dengan baik dapat terpasang pas tanpa ada kelonggaran terhadap komponen asli, *screw* yang bekerja sebagai penahan antara *body* dan *hexagon* bekerja

dengan baik karena dapat menampung beban torsi yang diberikan sekalipun melebihi beban torsi yang tercantum pada *maintenance manual*, dan pembuatan *locking nut* berfungsi dengan baik dapat terpasang pada *thread* yang berada pada di *fuel nozzle Engine Allison M250 C20B*.

Gaya yang diperlukan untuk torsi 34 Nm adalah 71 N. Nilai torsi apabila memakai sambungan *special tools* akan lebih kecil dibanding torsi yang tercantum pada *manual*. Tujuan perhitungan ini dilakukan untuk menghindari kerusakan, sambungan yang terkena torsi yang terlalu tinggi karena bisa mengalami kerusakan seperti keausan berlebihan, patah, atau deformasi. Perhitungan torsi membantu mencegah kerusakan ini dengan memastikan sambungan tidak mengalami beban yang melebihi batasnya.

Gaya geser yang terjadi pada setiap *fastener screw* adalah sebesar 23.6 N, perhitungan ini dilakukan agar gaya geser yang terjadi pada setiap *screw* tidak berlebihan. Gaya geser yang berlebihan bisa menyebabkan kegagalan struktural, yang dapat mengakibatkan kecelakaan atau kerusakan. Perhitungan gaya geser wajib dilakukan untuk memastikan gaya geser berada dalam batas aman membantu mencegah kegagalan yang dapat membahayakan keselamatan manusia dan lingkungan sekitar.

#### 5. KESIMPULAN

1. Pada proses modifikasi dilakukan, terdapat beberapa fitur yang diubah dari *special tools* sebelumnya, seperti pada material yang digunakan diganti menjadi Bohler K460 dengan spesifikasi yang sama dengan bohler K110 namun harga jauh lebih murah. Dilakukan perubahan jenis pengencang antar body dan *hexagon* dari *welding* menjadi *fastener screw*, jadi ketika *hexagon* sudah rusak maka hanya melakukan penggantian pada *hexagon* saja, berbeda dengan *tools* yang sebelumnya yang mengharuskan penggantian seluruhnya ketika mengalami kerusakan.
2. Setelah melakukan proses modifikasi, parameter yang digunakan dalam evaluasi yaitu dimensi dan kekuatan material. Dimensi dengan ukuran *hexagon* berdiameter 41 mm dapat masuk dengan pas ke *fuel nozzle* tanpa adanya kelonggaran dan hasil kekuatan material produk 41 HRC tidak merusak *dummy*, hal ini berarti kekuatan akhir material tidak akan merusak komponen *fuel nozzle*. Penambahan *locking nut* dapat digunakan

untuk mengunci *special tools* agar pada saat digunakan tidak terlepas dari *fuel nozzle*. *Fastener screw* dapat bekerja sangat baik untuk menahan nilai torsi 34 Nm, tidak ditemukan kegagalan struktur pada *screw*. *Special tools* yang sudah mengalami modifikasi, menghasilkan *special tools* yang lebih optimal dan efisien untuk menunjang praktik *assy-disassy fuel nozzle Engine Allison M250 C20B*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. M. Sukmara, "RANCANG BANGUN SPECIAL TOOL UNTUK PRAKTIK MAINTENANCE FUEL NOZZLE ENGINE ALLISON M250 C20B," 2023.
- [2] Rolls-Royce, "Allison," in *Maintenance Manual*, 1981, ch. Introducti.
- [3] A. Ground, "Rolls-Royce M250-C20B," 2023.
- [4] Rolls-Royce, "Allison," in *Engine Training Manual*, 1981, ch. Bendix Fue.
- [5] Boeing, "Nozzle ;Spray,Fuel,Assembly." [Online]. Available: <https://shop.boeing.com/aviation-supply/p/M250-10603=64>
- [6] Herdiana, "Pengukuran Ulir," *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [7] M. K. Amol, "Recent Trends in Mechanical Engineering-2016 International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology [Ijiert] Review of Threaded Fasteners Loosening and Its Effects," 2016.
- [8] D. Gunawan, "Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik Pada Baja K-460," *Rotasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1–10, 2020.
- [9] NF. Putra, "06.2 Bab 2," *Bab II Tinjauan Pustaka 2.1 Kajian Pustaka*, pp. 4–18, 2017.
- [10] S. Jumini and L. Muhliso, "Pengaruh Perbedaan Panjang Poros Suatu Benda terhadap Kecepatan Sudut Putar," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII*, vol. 4, no. 1, pp. 133–138, 2013.
- [11] B. H. U. T. Remigildus Cornelis, Wilhelmus Bunganaen, "Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat , Gaya Geser Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan," *Teknik Sipil*, vol. III, no. 2, pp. 205–216, 2014.
- [12] Mohammad Farokhi, "Pengaruh Kecepatan Putar Spindle (Rpm) Dan Besar Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap Tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja Ems 45 Menggunakan Mesin Cnc Skt 160 Lc," 2017.
- [13] The Jaya Suteja, Susila Candra, and Yudistira Aquarista, "Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 1–7, 2008.
- [14] B. A. Septianto and Y. Setiyorini, "Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340," *Jurnal Agrikultur*, vol. 2, no. 2, pp. 251–271, 2016.
- [15] Henri, "Pengujian Kekerasan," *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., no. c, pp. 7–46, 2018.