

USULAN PERANCANGAN DESAIN *TOOLHOLDER* DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENGEMBANGAN PRODUK *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*

Tio Auzan Hawali¹, Haris Rachmat S.T., M.T², Denny Sukma Eka Atmaja S.T.,M.Sc³

^{1,2,3}Industrial Engineering Department, Faculty of Industrial Engineering, Telkom University

¹tio.auzan@gmail.com, ²harisrachmat@telkomuniversity.ac.id, ³dennysukma@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam proses pemotongan logam tingkat kekasaran permukaan merupakan salah satu faktor yang menunjukkan kualitas pengerjaan dan kualitas dari produk. Salah satu teknologi baru dalam proses permesinan untuk meningkatkan hasil pemotongan logam pada proses bubut konvensional diperlukan *tool holder* dengan teknologi vibrasi dimana hasil dari pemotongan logam akan lebih halus di bandingkan dengan *tool holder* biasa yang digunakan. *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* (UVAT) merupakan teknologi baru yang dapat meredam suara, getaran pada mesin bubut, dapat mengurangi terjadinya keretakan pada logam, permukaan benda kerja dari hasil pemotongan lebih halus. Dalam teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* devais yang digunakan adalah *piezoelektrik actuator*. *Piezoelektrik actuator* adalah devais yang mempunyai kelebihan dalam akurasi gerakan, respon yang cepat dan gaya yang besar. Untuk meningkatkan kualitas dalam proses permesinan dalam pemotongan logam maka peneliti akan membuat desain *tool holder* UVAT yang dapat digunakan pada mesin bubut konvensional. Pada penelitian ini metode yang digunakan *Quality Function Deployment* untuk merancang atribut kebutuhan *tool holder* yang sesuai kebutuhan pasar. Alat yang digunakan pada *Quality Function Deployment* adalah matriks *House of Quality*. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian, yaitu pengujian statik pada *tool holder* dengan menggunakan *software* Solidworks 2016 dan beban yang diberikan sebesar 1600 N. Hasil simulasi statik diperoleh nilai *strength* paling besar 126.689 N/mm² (MPa), nilai *displacement* 7.335 micron dan *factor of safety* 1.632.

Kata Kunci : *Ultrasonic Vibration Assisted Turning, Piezoelektrik Actuator, Quality Function Deployment, House of Quality*

Abstract

In the process of metal cutting the level of surface roughness is one factor that shows the quality of workmanship and the quality of the product. One of the new technologies in the machining process to improve the metal cutting results in a conventional lathe process is the need for a tool holder with vibration technology where the result of cutting the metal will be smoother compared to the usual tool holder used. *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* (UVAT) is a new technology that can reduce sound, vibration on the lathe, can reduce the occurrence of cracks in the metal, the workpiece surface from the cutting results are smoother. In *Ultrasonic Vibration Assisted Turning Device* technology used is *piezoelectric actuator*. *Piezoelectric actuator* is a device that has advantages in motion accuracy, fast response and great style. To improve the quality of the machining process in metal cutting, the researcher will create a UVAT tool holder design that can be used on conventional lathes. In this study the method used *Quality Function Deployment* to design the attributes of tool holder needs that fit the market needs. The tool used in *Quality Function Deployment* is the *House of Quality* matrix. In this research also tested, that is static test on tool holder by using *Solidworks 2016 software* and load given equal to 1600 N. The result of static simulation is obtained by *strength* value most 126,689 N / mm² (MPa), 735 micron displacement value and *factor of safety* 1.632.

Keywords: *Ultrasonic Vibration Assisted Turning, Piezoelektrik Actuator, Quality Function Deployment, House of Quality*

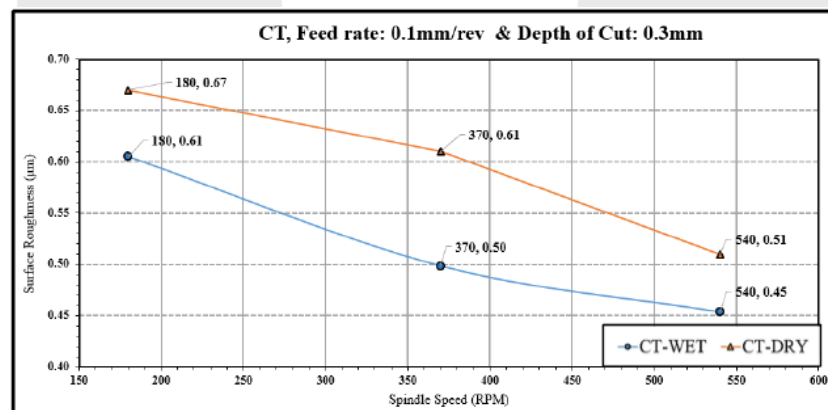
1. Pendahuluan

Proses manufaktur adalah prosedur yang dirancang yang menghasilkan perubahan fisik atau kimia untuk bahan pekerjaan dimulai dengan tujuan meningkatkan nilai *material*. Operasi manufaktur dapat dibagi menjadi dua tipe dasar, yaitu operasi pengolahan dan operasi perakitan [1]. Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris [6].

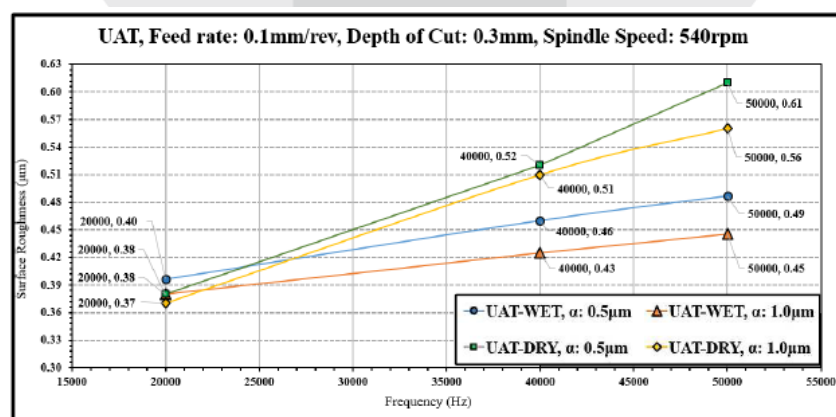
Penelitian ini berfokus pada perancangan desain tool holder dengan teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning (UVAT)*. *Ultrasonic Vibration Assisted Turning (UAT)* adalah teknik konvensional baru yang digunakan dalam industri manufaktur yang berbeda untuk menghapus materi yang tidak diinginkan untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Metode *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* telah ditemukan untuk menjadi metode yang cocok untuk mengurangi kekasaran permukaan dan kekuatan memotong tidak hanya untuk bahan keras tetapi juga untuk bahan rekayasa umum yang digunakan dalam industri manufaktur [7]. Dalam teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* menggunakan *piezoelectric actuator*. *Piezoelectric actuator* melakukan gerakan secara langsung dengan deformasi sebuah benda padat, dan pergeserannya mempunyai akurasi yang sangat tinggi, gaya yang lebih besar, respon yang lebih cepat daripada jenis aktuator lain [2].

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya dalam *Experimental Analysis* yang membandingkan *Conventional Turning* dengan *Ultrasonic Assisted Turning*, dari hasil percobaan ini didapat kesimpulan sebagai berikut [3]:

1. Percobaan Pertama: *Conventional Turning*, dilakukan percobaan pada mesin bubut konvensional tanpa menggunakan getaran, dimana benda kerja berputar dan pahat potong (*Cutting Tool*) dalam keadaan diam, dimana permukaan benda kerja dilakukan pengukuran dengan menggunakan (*profilometer*). Pada Gambar 1 hasil dari pengukuran menunjukkan tingkat kekasaran rata-rata dengan kecepatan *spindle* 540 rpm.
2. Percobaan Kedua: *Ultrasonic Assisted Turning*, dilakukan percobaan pada mesin bubut konvensional dengan getaran frekuensi yang tinggi. Frekuensi lebih dari 20 kHz. Dengan kecepatan *spindle* yang sama pada percobaan pertama tanpa menggunakan getaran. Pada Gambar I.4 menunjukkan hasil dari pemotongan benda kerja lebih bagus.
3. Percobaan Ketiga: *Tool Wear*, dilakukan untuk *Conventional Turning (CT)* dan *Ultrasonic Assisted Turning (UAT)* didasarkan pada parameter kecepatan 540 rpm; DOC 0,6 mm; panjang mesin 120 cm, dan waktu permesinan 90 menit. Frekuensi diatur dalam UAT adalah 20 kHz pada 1,0 m. Pada Tabel 1 menunjukkan pengamatan pada kondisi alat mesin. Ada dua kondisi berbeda muncul memakai mesin kering di bawah lingkup CT dan UAT. Kedua menunjukkan berbeda perubahan, sehubungan dengan bentuk cembung dan bentuk cekung masing-masing.




Gambar 1 Surface roughness vs spindle speed for wet and dry machining



Gambar 2 Surface roughness profile vs frequency and amplitude

Dalam penelitian ini, *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* (UAT) dirancang menggunakan *software* dan akan diuji kinerja pemotongan terhadap benda kerja serta disimulasikan dengan menggunakan *software*. Hal ini dilakukan untuk memastikan presentasi kelayakan berdasarkan integritas permukaan hasil pemotongan tanpa memberikan cairan pemotongan dibandingkan dengan konvensional [3].

Tabel 1 *Type of Wear in CT and UAT* (Ibrahim *et al.*, 2014)

CT (<i>Conventional Turning</i>)		UAT (<i>Ultrasonic Assisted Turning</i>)
		
		
		
<i>Types of Wears</i>	BUE (<i>Built-up Edge</i>)	Flank Wear
<i>Factors</i>	<i>Continues cutting process, high temperature, low cutting speed, ductile work material</i>	<i>Intermittent cutting process, low temperature continuity hammer effect, vibrate incutting direction</i>

Dengan meningkatkan getaran dan amplitudo yang memungkinkan terjadi retak (*crack*) atau hasil pemotongan lebih kasar sehingga lebih banyak menggunakan cairan pemotongan untuk meredam panas selama proses pemotongan. Proses permesinan dengan Teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* dapat meningkatkan umur pahat (*Cutting Tool*) lebih lama. Peneliti sebelumnya telah membuktikan dengan konsep *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* memiliki peningkatan yang signifikan dalam proses pemotongan logam [3].

Permasalahan yang dibahas adalah variabel kebutuhan sebagai usulan perancangan *tool holder* agar dapat memenuhi keinginan dari pasar dan analisis kekuatan dari hasil rancangan *tool holder* tersebut. Metode untuk perencanaan produk terstruktur dan pengembangan yang memungkinkan tim pengembangan untuk menentukan dengan jelas keinginan dan kebutuhan pelanggan, dan kemudian mengevaluasi kemampuan masing-masing produk atau jasa yang diusulkan secara sistematis dalam hal dampaknya pada pemenuhan kebutuhan inilah yang disebut *Quality Function Deployment* [4]. *House of Quality* (HOQ) merupakan alat utama dari *Quality Function Deployment* yang dapat menerjemahkan apa keinginan konsumen (suara pelanggan) ke dalam proses untuk menghasilkan produk atau jasa yang memenuhi keinginan pelanggan, melibatkan partisipasi semua fungsi manajemen organisasi [5].

Harapan usulan perancangan desain *tool holder* ini kuat *stress* dan *displacement* menggunakan *factor of safety* sebagai tolak ukurnya. Kemudian tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan spesifikasi akhir sebagai usulan

desain perancangan pengembangan produk dari *Toolholder* dengan teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* yang sesuai dengan variabel kebutuhan dan keinginan pasar.

2. Metodologi Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, yaitu melakukan usulan perancangan desain *tool holder* teknologi UVAT menggunakan *Quality Function Deployment* dengan *tool House of Quality*, dan untuk pengujian terhadap desain *tool holder* dari segi menerima *stress* dan *displacement* menggunakan simulasi statik pada *software Solidworks 2016*. Berikut penjelasan mengenai metode *Quality Function Deployment* dengan *tool House of Quality* dan pengujian simulasi statik.

Quality Function Deployment (QFD bukanlah suatu *tool*, melainkan perencanaan proses. Tujuan dalam menerapkan *Quality Function Deployment* adalah [4]:

- a. Mengidentifikasi pelanggan
- b. Tentukan apa yang diinginkan oleh pelanggan
- c. Memberikan cara untuk memenuhi keinginan pelanggan

Manfaat utama yang diperoleh dari penerapan *Quality Function Deployment* adalah [5]:

1. *Focusing on the customer.*
Quality Function Deployment memerlukan input pengumpulan dan umpan balik dari pelanggan. Informasi yang kemudian diterjemahkan ke dalam suatu kebutuhan pelanggan tertentu.
2. Efisien waktu.
Quality Function Deployment dapat mengurangi waktu pengembangan produk karena berfokus pada kebutuhan pelanggan tertentu dan telah diidentifikasi dengan jelas.
3. Orientasi kerja sama tim.
Quality Function Deployment adalah pendekatan kerja sama tim. Semua keputusan didasarkan pada proses konsensus dan dicapai melalui diskusi mendalam dan *brainstorming*. Oleh karena itu, setiap tindakan yang diperlukan untuk diidentifikasi sebagai bagian dari proses, sehingga pada gilirannya mendorong kerja sama tim kuat.
4. Dokumentasi berorientasi
Quality Function Deployment menghasilkan dokumen yang komprehensif pada semua data yang terkait dengan semua proses yang ada dan perbandingan dengan persyaratan dari pelanggan.

Penerapan metode QFD dalam proses perancangan produk diawali dengan pembentukan matriks perencanaan produk, atau sering disebut sebagai *House of Quality* (HOQ). *House of Quality* merupakan alat utama dari *Quality Function Deployment* yang dapat menerjemahkan apa keinginan konsumen (suara pelanggan) ke dalam proses untuk menghasilkan produk atau jasa yang memenuhi keinginan pelanggan, melibatkan partisipasi semua fungsi manajemen organisasi [5].

Pengujian simulasi statik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan dari *tool holder* dan sebagai pembandingan bagi peneliti terhadap beberapa konsep pilihan. Pengujian dianalisis dari segi *stress*, *displacement* dan *factor of safety* apakah mengalami masalah kritis. Pada penelitian ini tidak ada konsep yang mengalami masalah kritis, sehingga dipilih konsep produk yang paling menjauhi masalah kritis.

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada jurnal penelitian ini, pengumpulan, Pengolahan dan analisis data langsung diselesaikan untuk metode dan pengujian.

3.1 *Quality Function Deployment*

QFD merupakan proses perencanaan yang ditujukan untuk mengetahui karakteristik teknis. QFD dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

- a. Identifikasi Atribut Kebutuhan
Pengumpulan data menggunakan kuesioner menghasilkan atribut kebutuhan.

Tabel 2 Atribut Kebutuhan *Tool Holder*

No.	Product Quality	Atribut Kebutuhan
1	Performance (Kinerja)	Desain teknologi UVAT yang digunakan pada <i>tool holder</i> akan mempengaruhi kehalusan hasil pemotongan
		Pengaruh <i>material</i> benda kerja terhadap <i>tool holder</i>
2	Conformance (Kesesuaian)	<i>Tool holder</i> menggunakan <i>material</i> berdasarkan kriteria
		<i>Tool holder</i> memiliki harga yang terjangkau oleh pasar
		Dimensi <i>tool holder</i>
3	Durability (Ketahanan)	Umur dari <i>tool holder</i>
		<i>Tool holder</i> memiliki tingkat kekuatan yang baik terhadap benda kerja

b. Pengolahan Matriks Perencanaan

Matriks perencanaan menjelaskan mengenai ukuran kebutuhan pelanggan terhadap suatu produk.

Tabel 3 Matriks Perencanaan

Kode Atribut	Matriks Klein Grid	Customer Satisfaction Performance	Importance to Customer	Goal	Improvement ratio	Sales point	Raw weight	Normalized raw weight
PER1	Expected	2.80	4.00	4	1.43	1.50	8.57	0.20
PER2	Expected	2.90	3.70	3	1.03	1.20	4.59	0.11
CON1	Expected	3.10	3.60	4	1.29	1.20	5.57	0.13
CON2	Expected	2.90	3.60	4	1.38	1.50	7.45	0.17
CON3	Expected	3.10	3.70	3	1.02	1.20	4.51	0.10
DUR1	Expected	3.10	4.00	3	0.92	1.20	4.41	0.10
DUR2	Expected	2.80	3.70	4	1.43	1.50	7.93	0.18

c. Identifikasi Karakteristik Teknis

Identifikasi karakteristik teknis dilakukan dengan eksplorasi melalui pencarian literatur dan studi lapangan.

Tabel 4 Karakteristik Teknis

Kode Atribut	True Customer Needs	Karakteristik Teknis	Kode
PER1	Desain teknologi UVAT mempengaruhi kehalusan hasil pemotongan	Panjang <i>piezoelectric actuator</i>	K1
		Lebar <i>piezoelectric actuator</i>	K2
		Tinggi <i>piezoelectric actuator</i>	K3
PER2	Pengaruh <i>material</i> benda kerja terhadap <i>tool holder</i>	<i>Material</i> benda kerja	K4
CON1	<i>Tool holder</i> menggunakan <i>material</i> berdasarkan kriteria	<i>Material tool holder</i>	K5
CON2	<i>Tool holder</i> memiliki harga yang terjangkau oleh pasar	Harga	K6
CON3	Dimensi <i>tool holder</i>	Panjang <i>tool holder</i>	K7
		Lebar <i>tool holder</i>	K8
		Tinggi <i>tool holder</i>	K9
DUR1	Umur dari <i>tool holder</i>	Lama pemakaian	K10
DUR2	Tingkat kekuatan <i>tool holder</i> yang baik terhadap benda kerja	<i>Tool holder</i> yang kuat	K11

d. Penentuan Matriks Hubungan

Pada tahap ini dilakukan penentuan hubungan antara setiap *true customer needs* dengan karakteristik teknis yang selanjutnya akan diterjemahkan menjadi suatu nilai yang merupakan representasi kekuatan hubungan tersebut menggunakan *House of Quality*.

e. Penentuan Korelasi Karakteristik Teknis

Penentuan korelasi antar karakteristik teknis memiliki tujuan sebagai pertimbangan apakah pemenuhan satu target karakteristik teknis berpengaruh terhadap karakteristik teknis yang lain.

f. Penentuan Matriks Teknis

Penentuan matriks teknis dilakukan untuk mengetahui target dari setiap karakteristik teknis dan untuk mengetahui nilai kontribusi serta normalisasi dan ranking.

Tabel 5 Target Karakteristik Teknis

Kode	Karakteristik Teknis	Target
K1	Panjang <i>piezoelectric actuator</i>	0.75 inch
K2	Lebar <i>piezoelectric actuator</i>	0.67 - 1.17 inch
K3	Tinggi <i>piezoelectric actuator</i>	0.75 - 1.25 inch
K4	<i>Material</i> benda kerja	Dicantumkan
K5	<i>Material tool holder</i>	Dicantumkan
K6	Harga	<Rp 300.000 sampai >Rp 500.000
K7	Panjang <i>tool holder</i>	4.5 – 6 inch
K8	Lebar <i>tool holder</i>	1 – 1.5 inch
K9	Tinggi <i>tool holder</i>	0.75 – 1.25 inch
K10	Lama pemakaian	1-12 bulan
K11	<i>Tool holder</i> yang kuat	120 – 200 N/mm ²

Kontribusi dinyatakan sebagai nilai prioritas terhadap kepuasan pelanggan yang diberikan. Nilai kontribusi didapatkan dari hasil perkalian keterkaitan karakteristik teknis dengan *normalized raw weight* dalam satu variabel karakteristik teknis. Normalisasi kontribusi adalah nilai dalam skala 0-1 yang menunjukkan persentase. Normalisasi kontribusi didapat dari jumlah nilai kontribusi pada satu variabel karakteristik teknis dibagi dengan total nilai kontribusi pada semua variabel karakteristik teknis. Setelah nilai kontribusi diperoleh maka dilakukan penentuan *ranking* sebagai dasar penentuan perbaikan dari setiap karakteristik teknis. Prioritas perbaikan digunakan untuk menentukan karakteristik teknis yang memerlukan perhatian terlebih dahulu. Penentuan ranking dilakukan berdasarkan nilai kontribusi terbesar.

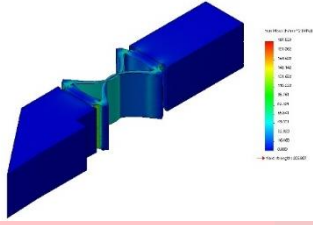
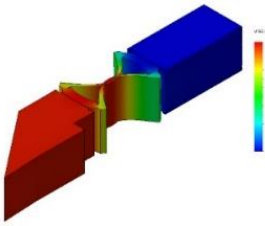
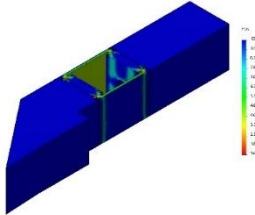
Tabel 6 Nilai Kontribusi, Normalisasi dan *Ranking*

Kode	Karakteristik Teknis	Nilai Kontribusi	Normalisasi Kontribusi	Ranking
K1	Panjang <i>piezoelectric actuator</i>	2.66	0.10	3
K2	Lebar <i>piezoelectric actuator</i>	2.66	0.10	3
K3	Tinggi <i>piezoelectric actuator</i>	2.66	0.10	3
K4	<i>Material</i> benda kerja	1.35	0.05	10
K5	<i>Material tool holder</i>	3.66	0.14	2
K6	Harga	1.95	0.07	9
K7	Panjang <i>tool holder</i>	2.09	0.08	6
K8	Lebar <i>tool holder</i>	2.09	0.08	6
K9	Tinggi <i>tool holder</i>	2.09	0.08	6
K10	Lama pemakaian	0.92	0.04	11
K11	<i>Tool holder</i> yang kuat	4.04	0.15	1

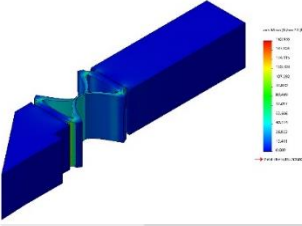
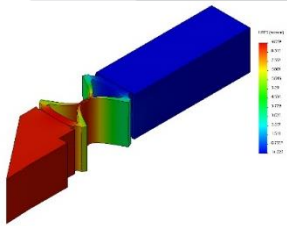
3.2 Pengujian Statik

Proses pengujian konsep dilakukan berdasarkan alternatif konsep awal yaitu konsep A, konsep B, dan konsep C. Proses pengujian konsep dilakukan dengan menggunakan *software* SolidWorks 2016. Pengujian dilakukan dengan gaya yang diberikan sebesar 1600 N.

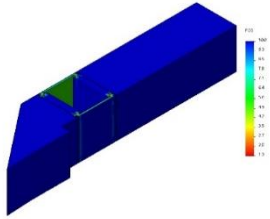
Tabel 7 Hasil Pengujian Statik Konsep A

Sensor name	Location	Sensor Details
Stress		Value : 197.523 N/mm ² (MPa) Entities : Result :Stress Component :VON: von Mises Stress Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA
Displacement		Value : 11.8483 micron Entities : Result :Displacement Component :URES: Resultant Displacement Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA
Factor of Safety		Value : 1.047 Entities : Result :Factor of Safety Component :Automatic Criterion :Model Min Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA

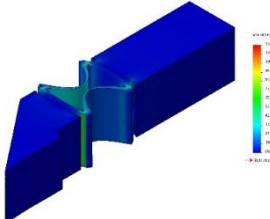
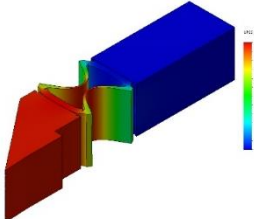
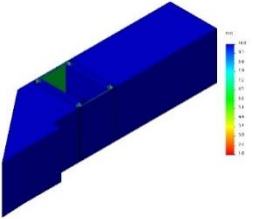
Tabel 8 Hasil Pengujian Statik Konsep B

Sensor name	Location	Sensor Details
Stress		Value : 160.938 N/mm ² (MPa) Entities : Result :Stress Component :VON: von Mises Stress Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA
Displacement		Value : 9.06857 micron Entities : Result :Displacement Component :URES: Resultant Displacement Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA

Tabel 9 Hasil Pengujian Statik Konsep B (Lanjutan)

Sensor name	Location	Sensor Details
Factor of Safety		Value : 1.28501 Entities : Result :Factor of Safety Component :Automatic Criterion :Model Min Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA

Tabel 10 Hasil Pengujian Statik Konsep C

Sensor name	Location	Sensor Details
Stress		Value : 126.689 N/mm ² (MPa) Entities : Result :Stress Component :VON: von Mises Stress Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA
Displacement		Value : 7.33533 micron Entities : Result :Displacement Component :URES: Resultant Displacement Criterion :Model Max Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA
Factor of Safety		Value : 1.63241 Entities : Result :Factor of Safety Component :Automatic Criterion :Model Min Step Criterion : Across all Steps Step No.:1 Alert Value: NA

Dari ketiga pengujian konsep diatas, dapat dilihat bahwa konsep C lebih baik dibandingkan dengan konsep A dan konsep B. Dilihat dari simulasi *Stress*, nilai *Von Mises* pada Konsep C memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan konsep A dan konsep B dengan nilai sebesar 126.689 N/mm². Konsep C juga memiliki nilai simulasi *Displacement* yang lebih kecil, yaitu 7.335 micron yang berarti pergerakan akibat beban yang diberikan lebih baik dibandingkan konsep A dan B. Dan dalam *Factor of Safety* (FOS), konsep C memiliki nilai 1.632 yang berarti konsep C memiliki konstruksi yang lebih kuat dibandingkan konsep A dan B.

4. Analisis Data

4.1 Analisis Konsep

Seleksi konsep dilakukan dengan membuat matriks penyaringan konsep atau *concept screening* yang didapatkan dari hasil penyusunan konsep. Dalam *concept screening* ditentukan terlebih dahulu *selection criteria*, yaitu rangkuman dari atribut kebutuhan yang nantinya akan digunakan sebagai dasar penilaian dari konsep produk kemudian dibandingkan juga berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Langkah selanjutnya adalah penilaian konsep yang berdasarkan hasil pengujian konsep. Nilai relatif lebih baik (+), sama dengan (0), atau lebih buruk (-) diletakkan di setiap sel matriks untuk memperlihatkan bagaimana setiap konsep

dinilai terhadap konsep referensi berdasarkan kriteria seleksi. Setelah melakukan penilaian konsep, dihitung jumlah nilai lebih baik, sama dengan, dan lebih buruk, dan selanjutnya dibuat peringkat berdasarkan total nilai konsep.

Tabel 11 Penyaringan Konsep

Kriteria Seleksi	Referensi	Konsep		
		A	B	C
<i>Performance</i>	0	+	+	+
<i>Material</i>	0	+	+	+
<i>Ease of Manufacture</i>	0	-	-	-
<i>Durability</i>	0	+	++	+++
Jumlah +		3	4	5
Jumlah 0		0	0	0
Jumlah -		0	0	0
Nilai Akhir		3	4	5
Peringkat		3	2	1
Lanjutkan ?		NO	NO	YES

Berdasarkan penilaian konsep terhadap ketiga kriteria seleksi maka konsep terpilih untuk dikembangkan adalah konsep C dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Dilihat dari segi *Performance* konsep A, B dan C masing-masing memperoleh nilai (+). Hal ini dikarenakan ketiga konsep tersebut menggunakan teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* (UVAT) yang memperhatikan aspek kehalusan berdasarkan target spesifikasi yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya sehingga memberikan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi *toolholder* eksisting.
2. Dilihat dari segi *Material* konsep A, B dan C masing-masing memperoleh nilai (+). Hal ini dikarenakan ketiga konsep tersebut menggunakan *material* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan pasar, yaitu AISI 304 Steel.
3. Dilihat dari segi *Ease of Manufacture* konsep A, B dan C masing-masing memperoleh nilai (-). Hal ini dikarenakan ketiga konsep tersebut memiliki bentuk dan teknologi *Ultrasonic Vibration Assisted Turning*, yaitu *piezoelectric actuator* yang lebih kompleks dibandingkan dengan *toolholder* eksisting sehingga dalam pembuatannya pun akan lebih kompleks dibandingkan dengan kondisi *toolholder* eksisting.

Dilihat dari segi *Durability*, konsep C memperoleh nilai (+++) yang mana artinya konsep C lebih baik dibandingkan dengan konsep A dan konsep B setelah dilakukan perhitungan menggunakan *Finite Element Analysis* di software Solidworks 2016

4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Desain Konsep Produk Terpilih

Desain konsep produk yang terpilih selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap hasil pengujian statik yang dilakukan dengan desain konsep produk yang dilakukan oleh peneliti lain. Perbandingan ini bertujuan untuk menentukan apakah konsep desain produk terpilih yang dilakukan pada penelitian ini lebih baik dibandingkan konsep produk yang dilakukan oleh peneliti lain.

Tabel 12 Perbandingan Pengujian Konsep Produk Terpilih

Peneliti	Stress (N/mm ²)	Displacement (micron)	Material	Beban
Tio Auzan Hawali (2018)	126.689	7.335	AISI 304 Steel	1600 N
Alfattah Azis (2017)	129.655	11.0189	AISI 304 Steel	1600 N

Menurut Mardiansyah (2015) yang melakukan pengujian statik *stress* (tegangan) terhadap beberapa konsep produk pilihan, konsep produk dengan nilai *stress* yang lebih kecil adalah yang terpilih. Selain itu, nilai dari displacement yang diperoleh pada penelitian ini juga lebih kecil dibandingkan dengan yang dilakukan oleh

peneliti lain. Hal tersebut berarti perubahan bentuk pada tool holder yang dikenai gaya sebesar 1600 N lebih baik.

4.3 Analisis Biaya

Dalam pembuatan *toolholder* teknologi UVAT adapun diperlukan estimasi biaya untuk dibuat. Aspek penentuan estimasi biaya adalah berdasarkan *material toolholder*, desain *toolholder*, dan juga biaya *manufacturing*. Untuk memperoleh informasi tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan software Solidworks 2016 dengan estimasi 1 USD = Rp 13,888. Perhitungan ini menghasilkan rincian biaya untuk pembuatan satu unit *Tool Holder* dengan teknologi UVAT.

Tabel 13 Rincian Biaya

Variabel	Keterangan	Biaya (USD)	Biaya (Rupiah)
<i>Material Desain Tool Holder</i>	AISI 304 Steel	27.15 USD	Rp 377,059
<i>Manufacturing</i>	<i>Block size 6 x 1.25 x 1.5 inch</i>	98.53 USD	Rp 1,368,384
	<i>Stock weight 3.25 lb</i>		
Total		125.68 USD	Rp 1,745,443

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa estimasi biaya untuk pembuatan satu unit *Tool Holder* dengan teknologi UVAT sebesar Rp 1,745,443. Biaya tersebut cukup tinggi dikarenakan biaya untuk *manufacturing* dilakukan hanya untuk satu unit produk, estimasi biaya akan jauh lebih murah apabila proses *manufacturing* dilakukan untuk lebih dari satu unit produk.

4.4 Spesifikasi Akhir

Setelah mendapatkan konsep terpilih, yaitu konsep C, maka dilakukan penentuan spesifikasi akhir dengan cara meninjau kembali spesifikasi yang telah dibuat dengan mempertimbangkan hasil dari pengujian konsep mengenai perbaikan yang dapat dilakukan. Spesifikasi pada Tool holder dengan teknologi UVAT menggunakan konsep terpilih masih berada dalam range dari target spesifikasi.

Tabel 14 Spesifikasi Akhir

No.	Karakteristik Teknis	Satuan	Nilai
1	Panjang <i>piezoelectric actuator</i>	inch	0.75
2	Lebar <i>piezoelectric actuator</i>	inch	1.17
3	Tinggi <i>piezoelectric actuator</i>	inch	1.25
4	<i>Material</i> benda kerja	List	Baja Umum
5	<i>Material tool holder</i>	List	AISI 304 Steel
6	Harga	Rupiah	1,745,443
7	Panjang <i>tool holder</i>	inch	6
8	Lebar <i>tool holder</i>	inch	1.5
9	Tinggi <i>tool holder</i>	inch	1.25
10	Lama pemakaian	bulan	1-12
11	<i>Tool holder</i> yang kuat	N/mm ²	126.689

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yang mengacu pada tujuan penelitian, yaitu :

1. Atribut kebutuhan dalam proses perancangan desain tool holder Ultrasonic Vibration Assisted Turning (UVAT) terpenuhi sesuai kebutuhan dan keinginan pasar.

2. Usulan perancangan yang terpilih untuk tool holder dengan teknologi Ultrasonic Vibration Assisted Turning adalah Konsep C dengan material AISI 304 Steel.
3. Hasil pengujian usulan perancangan tool holder UVAT Konsep C memiliki tingkat kekuatan yang lebih baik dibandingkan Konsep A dan Konsep B.

References

- [1] Groover, M.P., 2010. *Fundamentals of Modern Manufacturing :Materials, Processes and Systems*. 4th ed. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Hananto, F.S., 2009. Aplikasi Aktuator Piezoelektrik. *Jurnal Neutrino* 2(1).
- [3] Ibrahim, M.R., Rahim, E.A., Ghazali, M.I., Chai, M.H. dan GOH, Z.O., 2014. *Experimental Analysis on Ultrasonic Assisted Turning (UAT) Based on Innovated Tool Holder in the Scope of Dry & Wet Machining*. *Applied Mechanics and Materials* 660.
- [4] Jaiswal, E.S., 2012. *A Case Study on Quality Function Deployment (QFD)*. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* 3(6).
- [5] Sularto, L., Wardoyo, dan Yunitasari, T., 2014. *User Requirements Analysis for Restaurant POS and Accounting Application Using Quality Function Deployment*. Indonesia: Elsevier Ltd.
- [6] Sumbodo, W., 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [7] Vivekananda. K., Arka, G.N. dan Sahoo, S.K. 2014., *Design and Analysis of Ultrasonic Vibratory Tool (UVT) Using FEM and Experimental Study on Ultrasonic Vibration-Assisted Turning (UAT)*. *Global Congress on Manufacturing and Management* 12th.

