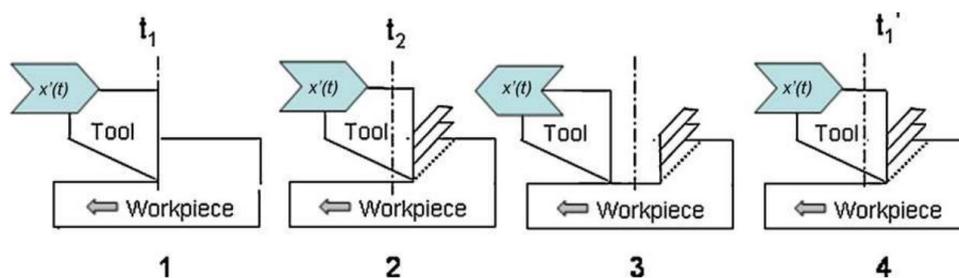


## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar belakang

Pentingnya optimisasi desain komponen dalam teknologi manufaktur modern tidak dapat diabaikan, terutama untuk meningkatkan kinerja pada *Ultrasonic Vibration-assisted Machining* (UVAM). UVAM pada industri manufaktur merupakan teknik yang memfasilitasi kemudahan pemotongan benda kerja dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Keunggulan UVAM dalam proses pemotongan diperlihatkan dengan *intermittent cutting*, bahkan pada material dengan tingkat kekerasan yang signifikan. *Intermittent cutting* atau pemotongan intermiten dilakukan dengan gerak pemotongan periodik (menyentuh dan menjauh) antara mata pahat dan benda kerja hasil dari getaran modul vibrator. Dengan penggunaan UVAM, terjadi pengurangan signifikan pada *cutting force* dan *cutting temperature*, yang menghasilkan kualitas pemotongan yang lebih baik (Zou dkk., 2015). Elaborasi utama dalam meningkatkan efektivitas UVAM adalah elemen getaran yang menghasilkan gerakan intermiten pada *vibration tool*, yang digambarkan secara rinci dalam Gambar I.1.

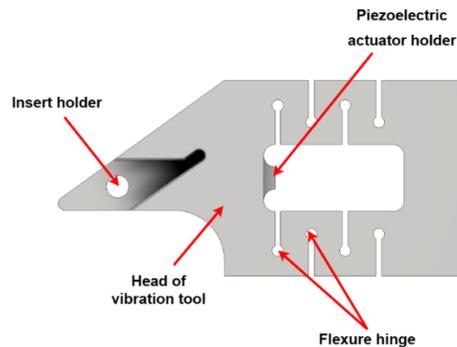


Gambar I.1 Ilustrasi pemotongan teknik *Ultrasonic Vibration-assisted Machining* (UVAM) (1)  $t_1$  sentuhan awal pada *workpiece*, (2)  $t_2$  posisi pemakanan awal, (3) posisi intermiten dan (4)  $t_1'$  melanjutkan pemakanan dengan  $x'(t)$  adalah arah gerakan

(Diambil, dengan izin dari Brehl & Dow (2008) © Elsevier)

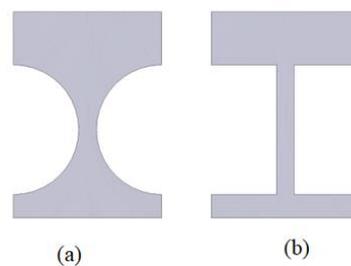
Pada *vibration tool* yang digunakan pada UVAM terdapat *piezoelectric actuators* untuk menghasilkan getaran yang mempengaruhi proses pemotongan material melalui gerakan sinusoidal (Kurniawan & Ko, 2013). *Piezoelectric actuators* ini menggunakan sifat *piezoelectric ceramics* yang mampu mengonversikan energi listrik menjadi energi mekanik, menciptakan getaran berfrekuensi tinggi yang diperlukan dalam UVAM (Zheng dkk., 2020). Desain *vibration tool* ini juga

mengintegrasikan *flexure hinge* untuk membantu meningkatkan intensitas getaran yang dihasilkan. *Flexure hinge* mampu merenggang (terdeformasi) untuk meningkatkan defleksi pada *tool insert*. Komponen-komponen pada *vibration tool* diilustrasikan pada Gambar I.2.



Gambar I.2 Komponen pada *vibration tool* yang sedang dikaji (Dimodifikasi, dari Rachmat dkk., (2017), © Author)

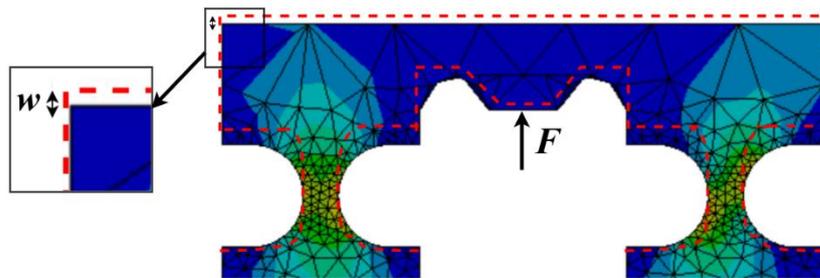
*Flexure hinge*, dengan sifat elastisnya, memungkinkan peningkatan deformasi saat dikenai gaya oleh *piezoelectric*, dan pergerakannya diatur sesuai dengan spesifikasi desain (Smith, 2003). Struktur *flexure hinge* terdiri dari dinding tipis yang elastis di antara dua bagian yang kaku, memungkinkannya untuk berdeformasi secara terkonsentrasi dan konsisten (Lobontiu, 2003). *Flexure hinge* memiliki dua tipe utama yaitu *Notch Hinge* dan *leaf spring hinge*, walaupun dapat divariasikan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Berdasarkan Gambar I.3, *Notch Hinge* (a) memiliki celah yang berbentuk setengah lingkaran pada 2 sisinya sementara *leaf spring hinge* (b) memiliki celah yang sisinya siku-siku.



Gambar I.3 Tipe *flexure hinge*, (a) *Notch Hinge*, (b) *leaf spring hinge* (Dimodifikasi, dengan izin dari Ling dkk., (2023), © Elsevier)

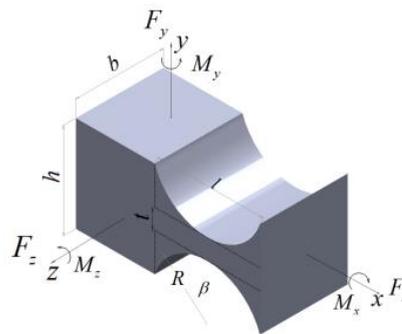
*Notch Hinge*, salah satu tipe utama dari *flexure hinge*, telah menarik perhatian karena memiliki sejumlah keunggulan yang signifikan. Dibandingkan dengan *leaf spring hinge*, *Notch Hinge* menunjukkan akurasi yang lebih tinggi, kekuatan yang

lebih baik, dan deformasi yang lebih terkonsentrasi (Wu dkk., 2018). Keunggulan lain dari *Notch Hinge* adalah kekuatan tahan lentur yang lebih tinggi dan fleksibilitas yang lebih baik, disebabkan oleh bentuk setengah lingkaran yang memungkinkannya untuk merenggang dengan lebih efisien, serta kemudahan dalam proses fabrikasinya yang membantu meminimalkan biaya produksi (Smith, 2003). Dengan segala keunggulannya, *Notch Hinge* telah diterapkan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam UVAM. Mekanisme penggunaan *Notch Hinge* ketika diberikan getaran diilustrasikan pada Gambar I.4.



Gambar I.4 Mekanisme getaran *Notch Hinge* pada gaya ( $F$ ) dan deformasi ( $w$ ), *Notch Hinge* merenggang sebesar  $w$  ketika diberi gaya  $F$  (Dimodifikasi, dari Wang dkk., (2021), © Author)

Getaran yang dihasilkan *piezoelectric* mendorong garis berwarna merah yang menunjukkan adanya regangan yang disebut sebagai deformasi ( $w$ ) (Qin dkk., 2019) dan deformasi tersebut dipengaruhi oleh *stress* yang terkonsentrasi pada *Notch Hinge*. Nilai Deformasi dipengaruhi oleh parameter desainnya yang dapat divariasikan untuk peningkatan. Performa *hinge* dapat diukur dengan melakukan perhitungan secara teoritis sesuai dengan parameter desainnya (Henning dkk., 2018). Parameter yang berpengaruh pada *Notch Hinge* yaitu tebal dinding ( $t$ ), radius *hinge* ( $R$ ) dan tebal *hinge* ( $b$ ), diilustrasikan pada Gambar I.5.



Gambar I.5 Parameter desain pada *Notch Hinge* (Diambil, dari Gu dkk., (2018), © Author)

Meskipun ada penelitian lain yang membahas penggunaan *Notch Hinge* pada *vibration tool*, seperti studi oleh Gu dkk. (2018) yang memperhatikan *non-resonant vibration-assisted polishing device* yang memanfaatkan *Notch Hinge* dengan setiap parameter desainnya yang sudah ditentukan, dan Yong dkk. (2008) yang membandingkan nilai *compliance/stiffness* dengan fokus hanya pada radius dan tebal dinding, belum ada yang memperhatikan kombinasi dari ketiga parameter desain *Notch Hinge* untuk mencapai deformasi maksimal dan *stress* minimal. Penelitian ini juga mempertimbangkan nilai *stress* untuk mengevaluasi ketahanan terhadap penggunaan berulang. Analisis setiap kombinasi parameter dapat dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga untuk menghasilkan data yang diperlukan dengan bantuan *software* yaitu Ansys Workbench 2021, dalam menyimulasikan getaran dari *piezoelectric*. Selanjutnya, data tersebut di uji dengan uji ANOVA untuk menentukan pengaruh masing-masing parameter.

Dengan variasi dari parameter desain *Notch Hinge* yang berpotensi memberikan dampak signifikan, kajian mengenai optimisasi parameter desain *Notch Hinge* layak dilakukan guna menghasilkan kombinasi parameter desain yang optimal dalam memaksimalkan deformasi ( $w$ ) dan meminimalkan *stress* ( $\sigma$ ) untuk aplikasi pada UVAM. Metode *Full Factorial* digunakan untuk menentukan kombinasi parameter desain untuk model yang disimulasikan dengan metode elemen hingga. Model yang optimal ditentukan dengan metode *Grey relational analysis* yang menggunakan respons yaitu memaksimalkan deformasi (*larger the better*) dan meminimalkan *stress* (*smaller the better*).

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, maka rumusan masalah pada kajian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Bagaimana optimisasi kombinasi parameter desain *Notch Hinge* untuk penggunaan pada *Ultrasonic Vibration-assisted Machining* (UVAM) dengan metode elemen hingga untuk menghasilkan nilai deformasi maksimum dan *stress* minimum?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Untuk rumusan masalah pada kajian bertujuan untuk mengetahui:

1. Optimisasi parameter desain *Notch Hinge* untuk penggunaan pada *Ultrasonic Vibration-assisted Machining* (UVAM) dengan metode elemen hingga

#### **I.4 Manfaat Penelitian**

Tugas akhir dapat memberikan kontribusi dalam bidang pengembangan keilmuan, khususnya pada pengembangan desain *vibration tool* menggunakan salah satu desain *flexure hinge* yaitu *Notch Hinge*. Sehingga tugas akhir diharapkan dapat menjadi referensi untuk kajian selanjutnya.

#### **I.5 Sistematika Penulisan**

Pada penyusunan tugas akhir terdiri dari beberapa bab yang setiap babnya berisi uraian dan penjelasan aktivitas yang dilakukan selama kajian berlangsung. Penulisan setiap bab bertujuan agar pembahasan perbandingannya dapat diuraikan secara spesifik sesuai dengan judul bab.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Latar belakang dari pemanfaatan desain *Notch Hinge* untuk aplikasi pada proses UVAM dibahas pada bab ini. Sehingga dapat diketahui rumusan masalah, tujuan kajian, manfaat kajian dan sistematika penulisan yang dikaji.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II membahas mengenai studi literatur dan dasar teori pendukung dari masalah yang dikaji. Tujuan dari bab ini yaitu memahami dasar dari kajian yang dilakukan agar dapat melakukan optimisasi parameter desain *Notch Hinge* untuk penggunaan pada UVAM. Selanjutnya, penjelasan mengenai alasan pemilihan *Full Factorial* sebagai metode dalam melakukan eksperimen, metode elemen hingga untuk memperoleh data dan *grey relational analysis* untuk menentukan model yang optimal.

### **BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH**

Sistematika dalam melakukan kajian untuk menyelesaikan masalah serta identifikasi sistem terintegrasi dibahas pada bab ini. Menentukan batasan dan

asumsi kajian yang menjadi batas pada permasalahan serta identifikasi komponen sistem integral untuk mengetahui elemen yang ada pada.

#### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Kajian yang sudah dibahas sebelumnya dilakukan pengambilan data berdasarkan dengan metode yang telah ditentukan dan dilakukan pengolahan data dengan mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada setiap parameter dengan uji ANOVA dan *grey relational analysis*.

#### **BAB V ANALISIS**

Hasil pengolahan data sebelumnya, dilakukan analisa pengaruh dari parameter desain *Notch Hinge* pada simulasi getaran dengan mengamati perubahan data yang dihasilkan untuk menarik kesimpulan dari kajian. Pada bab ini juga diambil kesimpulan parameter yang optimal untuk diterapkan pada proses UVAM.

#### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab VI berisi kesimpulan yang diharapkan mampu menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Pada bab ini juga diberikan saran agar kajian selanjutnya dapat lebih baik.