

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Saat ini, industri manufaktur berkembang seiring dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan. Hal tersebut tercatat oleh Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (KEMENPERIN) dimana industri manufaktur di Indonesia memberikan kontribusi sebesar 76,37% pada kuartal I-2022. Tren positif pertumbuhan industri dalam negeri harus terus dipertahankan dan perlu lebih ditingkatkan lagi dari sebelumnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan produktivitas seiring dengan permintaan di pasar (Kemenperin, 2022).

Produktivitas didefinisikan sebagai pemanfaatan sumber daya atau input yang efisien untuk menghasilkan output yang diinginkan. Input yang dimaksud seperti manusia, biaya, waktu, fasilitas, energi, dan lainnya. Sedangkan output pada produktivitas meliputi produk, jasa, profit, *scrap* dan lainnya (Shahin, 2008). Peningkatan produktivitas dipengaruhi oleh *material removal rate* (MRR). Hal ini karena MRR merupakan salah satu aspek penting dalam meningkatkan performansi pemesinan. Dengan tingginya MRR, maka waktu pemesinan lebih efisien dan produktivitas semakin tinggi (Ehibor & Aliemeke, 2021; Moshat et al., 2010; Shihab & Mubarak, 2016; Sredanović B et al., 2019).

Di sisi lain, ada hal yang sama pentingnya dengan produktivitas yaitu kualitas (Agrawal et al., 2018; Bouzid et al., 2014). Kualitas adalah karakteristik dari suatu produk yang dinilai dari kemampuan, fungsi, dan keandalannya (*reliability*) untuk memenuhi kebutuhan yang dinyatakan atau tersirat (Kotler & Keller, 2012). Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas suatu produk adalah kekasaran permukaan atau *surface roughness*. Nilai *surface roughness* diukur secara *offline* setelah produk selesai dikerjakan (Kuram & Ozcelik, 2013). Kualitas hasil produksi yang baik biasanya ditandai dengan nilai *surface roughness* yang baik pula yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing (Mataram et al., 2020). Pada beberapa industri yang membutuhkan nilai *surface roughness* yang kecil untuk mencapai kualitas yang tinggi. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan memiliki kinerja gesekan permukaan yang baik, umur kelelahan (*fatigue*) yang lebih tinggi serta kecocokan presisi dari permukaan yang kritis (X. Zhang et al., 2020).

Proses pemesinan memiliki peran untuk menentukan kualitas dan produktivitas dari suatu produk yang dihasilkan. Terdapat tujuh jenis proses pemesinan seperti *turning, milling, drilling, sawing, broaching, shaping (planing),* dan *grinding (abrasive machining)* (Black & Kohser, 2008). Salah satu jenis proses pemesinan yang sering digunakan untuk pembuatan komponen dalam industri manufaktur adalah proses pemesinan *milling* (Tetelepta, 2012). Proses pemesinan *milling* merupakan proses pemesinan yang dilakukan dengan cara memasukkan sebuah benda kerja kedalam pahat potong yang berputar secara rotasi. Jenis mesin *milling* ada dua yaitu *milling* vertikal dan *milling* horizontal (Black & Kohser, 2008). Mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z merupakan salah satu contoh mesin *milling* vertikal yang dimana sumbu *spindle* tegak lurus dengan meja kerja.

Pada dasarnya setiap proses pemesinan memiliki persyaratan kualitas dan produktivitas yang berbeda dilihat dari fungsinya. Dari segi kualitas, apabila permukaan semakin halus maka kualitasnya semakin baik. Sehingga cukup beralasan apabila *surface roughness* hasil proses *milling* perlu diperhatikan dan dicari solusi untuk mendapatkan *surface roughness* yang sehalus mungkin (Yanuar et al., 2014). Sedangkan dari segi produktivitas, apabila proses pemesinan yang dilakukan semakin cepat maka produktivitas yang dihasilkan juga semakin tinggi (Rusnaldy & Setiyana, 2006).

Kualitas dan produktivitas dianggap sebagai respon utama. Kedua respon tersebut penting namun sifatnya bertentangan karena diperlukan adanya kesepakatan dengan diantara kedua respon ketika tujuan yang tercapai terletak pada salah satu respon (Phokane et al., 2022). Peningkatan produktivitas dapat mengurangi waktu pemesinan, tetapi mengakibatkan penurunan kualitas. Di sisi lain, peningkatan kualitas mengakibatkan waktu pemesinan yang lebih lama sehingga mengurangi produktivitas. Hal tersebut dikarenakan adanya ketergantungan dan korelasi antara kualitas dan produktivitas yang sangat kompleks dan sulit untuk dipahami yang ditimbulkan oleh banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dan produktivitas seperti parameter pemesinan, *tools* dan material (Moshat et al., 2010; Tetelepta, 2012).

Peran operator sangat penting ketika memilih parameter pemesinan. Operator harus memiliki pengetahuan dasar, keterampilan dan *standard handbooks* dalam memilih parameter proses pemesinan untuk menentukan parameter pemesinan yang tepat untuk mencapai tingkat tertentu dari parameter respons yang berbeda (Ehibor & Aliemeke, 2021; Solanki & Jain, 2021). Parameter pemesinan yang digunakan seperti *spindle speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* yang dilakukan kombinasi secara acak. Setiap kombinasi parameter akan menghasilkan *surface roughness* dan MRR yang berbeda-beda.

Sebagian besar parameter pemotongan dipilih berdasarkan pengalaman atau mengacu pada *handbook*. Tidak dipungkiri juga bahwa operator biasanya menggunakan pendekatan “*trial and error*” yang tentunya metode tersebut tidak efektif dan efisien karena dalam mendapatkan nilai yang diinginkan melalui proses yang berulang-ulang dan sangat memakan waktu (J. Z. Zhang & Chen, 2009). Hal ini tidak menjamin bahwa parameter yang dipilih adalah parameter yang optimal (Thakur et al., 2009). Dengan begitu operator kesulitan dalam memilih kombinasi yang optimal untuk mencapai *surface roughness* terbaik dan tingkat produktivitas yang tinggi (Shihab & Mubarak, 2016). Apabila kombinasi parameter yang dipilih salah atau tidak optimal maka menyebabkan pemborosan material, tenaga kerja, energi dan listrik, *cutting fluid*, dan *cutting tools* yang mengarah pada kerugian biaya dari proses produksi (Thakur et al., 2009).

Dalam melakukan proses pemesinan, aspek lain yang dibutuhkan selain kehandalan operator dalam yaitu material. Material yang sering digunakan dalam berbagai industri manufaktur seperti *aerospace*, kereta api, dan lainnya adalah *aluminium alloy 6061 T6* karena keunggulannya seperti kekuatan tarik relatif tinggi, sifat mampu bentuk (*formability*) baik, dan tahan korosi (Wibowo et al., 2014).

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam membantu operator yang memegang peranan penting dalam menentukan parameter pemesinan *milling* untuk material *aluminium alloy 6061 T6* yang optimal untuk mesin vertikal *milling* Haas GX 7550Z. Sehingga hasil dari proses pemesinan dapat memenuhi kualitas yang baik secara efisien ditinjau dari sisi waktu pemesinan dengan biaya produksi yang

rendah (Ahmad & Janahiraman, 2016). Beberapa metode dapat digunakan untuk memilih parameter pemesinan. Salah satunya adalah metode Taguchi.

Metode Taguchi merupakan salah satu metode berbasis eksperimen dan analitik yang digunakan dalam optimasi parameter pemesinan digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan respon tunggal (Dave et al., 2013; Kundu & Singh, 2016; Lin, 2004). Sedangkan terdapat beberapa kasus optimasi dengan multi-respon seperti pada penelitian ini. Oleh karena itu, perlu melakukan menggabungkan antara metode Taguchi dengan *grey relational analysis* (GRA).

Grey relational analysis merupakan metode optimasi berdasarkan *grey system theory* yang dapat digunakan untuk menyelesaikan hubungan kompleks antara beberapa respon sehingga didapatkan satu nilai (Dave et al., 2013). Penggabungan metode Taguchi dan GRA sebagai metode optimasi multi-respon telah berhasil dilakukan oleh beberapa penelitian dengan menggunakan proses dan lingkungan pemesinan yang berbeda untuk mendapatkan kombinasi parameter yang optimal. Dalam sebuah penelitian oleh Lusi et al. (2020) melakukan investigasi pada material ASSAB XW-42 menggunakan metode Taguchi dan GRA untuk optimasi multi-respon. *Spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut* dipilih sebagai parameter input untuk menghasilkan nilai *surface roughness* minimum dan MRR maksimum secara simultan. Warsi et al., (2019) dengan menggabungkan metode Taguchi dan GRA untuk mengoptimalkan parameter pemesinan pada respon *surface roughness*, *MRR*, dan *specific cutting energy* secara simultan. Das et al., (2014) menggunakan metode Taguchi dan GRA untuk melakukan optimasi multi-respon proses *electrical discharge machining* (EDM) untuk parameter MRR dan lima karakteristik *surface roughness* (R_a , R_q , R_{sk} , R_{ku} , R_{sm}). Shi et al. (2015) menggunakan metode Taguchi dengan GRA untuk menentukan kombinasi optimal dari parameter *cutting speed*, *feed rate*, dan *depth of cut* dalam meningkatkan *surface roughness* dan *microhardness* dari proses pemesinan *milling* material *magnesium alloy*. Sivaiah & Chakradhar (2017) menggunakan metode Taguchi dan GRA dalam penelitiannya untuk mengoptimalkan parameter *cutting forces*, *surface roughness*, *tool flank wear*, dan MRR pada proses *cryogenic turning*. Bouzid et al. (2014) melakukan penelitian optimasi parameter proses *turning* pada X20Cr13 *Stainless Steel* untuk minimasi *surface roughness*

dan maksimasi MRR menggunakan metode Taguchi dan GRA. Hasilnya, terbukti yang didapatkan adalah bahwa optimasi multi-respon dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Taguchi dan GRA.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka penelitian ini perlu dilakukan terkait dengan optimasi kombinasi parameter proses pemesinan *milling* menggunakan material *aluminium alloy* 6061 T6 terhadap *surface roughness* dan MRR menggunakan metode Taguchi dan GRA.

I.2 Alternatif Solusi

Permasalahan yang akan menjadi fokus pada penelitian merupakan permasalahan yang kompleks seperti yang sudah dijelaskan pada latar belakang. Daftar alternatif solusi disajikan pada Tabel I.1.

Tabel I.1 Daftar akar masalah dan potensi solusi

No	Akar Masalah	Potensi Solusi
1	Tidak adanya standar atau acuan sehingga menyulitkan operator untuk memilih kombinasi parameter yang tepat untuk mencapai respon yang diinginkan pada proses pemesinan dengan menggunakan mesin <i>milling</i> Hauw Gan ZX 7550Z.	Menentukan kombinasi parameter pemesinan lalu diukur optimalnya dengan menggunakan metode Taguchi dan GRA.
2	Hasil akhir pemesinan menggunakan mesin <i>milling</i> Hauw Gan ZX 7550Z pada benda kerja harus mampu menghasilkan kualitas yang baik sekaligus produktivitas yang tinggi.	

Permasalahan yang disebutkan pada Tabel I.1 memiliki solusi yang dapat dilakukan untuk perbaikan. Pada penelitian ini, kedua akar masalah tersebut memiliki potensi solusi yang sama yaitu menentukan kombinasi parameter pemesinan yang kemudian diukur optimalnya dengan menggunakan metode Taguchi dan GRA. Dengan potensi solusi tersebut, akar masalah pada poin 1 dapat terselesaikan karena operator dapat menggunakan metode eksperimental baru yang menggunakan *design of experiment* (DOE) yang dimodifikasi dan distandarisasi seperti metode Taguchi. Operator juga dapat menentukan karakteristik diinginkan karena pada metode ini terdapat tiga karakteristik yang dapat digunakan sesuai kebutuhan. Apabila ingin mendapat kombinasi parameter

dari dua respon atau lebih secara bersamaan, dapat menggabungkan metode Taguchi dengan GRA.

Begitu pun dengan akar masalah 2. Seperti yang dijelaskan pada latar belakang bahwa kualitas dan produktivitas merupakan dua hal yang sama pentingnya. Maka dari itu, perlu untuk menentukan kombinasi parameter optimum agar kualitas dan produktivitas dapat tercapai sekaligus. Dengan menggunakan metode Taguchi dan GRA maka dapat terselesaikan.

I.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kombinasi parameter pemesinan pada proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z yang optimal sehingga dapat menghasilkan *surface roughness* (Ra) yang rendah dan *material removal rate* (MRR) yang tinggi secara simultan?
2. Bagaimana kontribusi parameter pemesinan pada proses proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z terhadap nilai *surface roughness* (Ra) dan *material removal rate* (MRR)?

I.4 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengukur kombinasi parameter pemesinan pada proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z yang optimal sehingga dapat meminimalkan *surface roughness* (Ra) dan memaksimalkan *material removal rate* (MRR) dengan menggunakan metode Taguchi dan *grey relational analysis* secara simultan.
2. Mengetahui kontribusi parameter pemesinan pada proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z terhadap nilai *surface roughness* (Ra) dan *material removal rate* (MRR).

I.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang didapatkan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan parameter yang optimal untuk meminimalkan *surface roughness* dan memaksimalkan MRR secara simultan pada proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z.
2. Memperluas penerapan metode Taguchi dan *grey relational analysis* dalam optimasi proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z
3. Acuan untuk penelitian selanjutnya dalam mengoptimalkan proses pemesinan menggunakan mesin *milling* Hauw Gan ZX 7550Z untuk meminimalkan *surface roughness* (Ra) dan memaksimalkan MRR dengan menggunakan metode Taguchi dan *grey relational analysis*.

I.6 Sistematika Penulisan

Dibawah ini merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penelitian, alternatif solusi, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab II : Landasan Teori

Bab ini berisi tentang studi literatur dan teori-teori yang mendukung dalam penelitian ini.

Bab III : Metode Perancangan

Bab ini berisi penjelasan mengenai sistematika perancangan yang berisikan tahapan-tahapan yang dilakukan agar tujuan penelitian ini dapat tercapai, batasan dan asumsi penelitian, identifikasi komponen sistem terintegrasi, serta rencana waktu penyelesaian.

Bab VI : Perancangan Sistem Terintegrasi

Bab ini berisi spesifikasi rancangan dan proses perancangan seperti deskripsi data, spesifikasi rancangan dan standar

perancangan, proses perancangan, hasil rancangan, serta verifikasi hasil rancangan.

Bab V : Validasi dan Evaluasi Hasil Rancangan

Bab ini berisi tentang validasi hasil rancangan, evaluasi hasil rancangan, serta analisis dan rencana implementasi hasil rancangan.

Bab VI : Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan dijabarkan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah berdasarkan dari validasi dan evaluasi hasil rancangan. Dan juga terdapat saran yang berisikan masukan untuk penelitian selanjutnya.